

Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación

Hospitales y Centros de Atención Primaria



Comité Español de Iluminación



MINISTERIO
DE CIENCIA
Y TECNOLOGÍA



Instituto para la
Diversificación y
Ahorro de la Energía

Título de la publicación:

“Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación. Hospitales y Centros de Atención Primaria”

Autor:

La presente publicación es fruto del Convenio de Colaboración firmado entre el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) y el Comité Español de Iluminación (CEI), para la redacción de 4 publicaciones, al objeto de contribuir a la difusión de técnicas y componentes para la mejora de la Eficiencia Energética en instalaciones de iluminación, proponiendo para ello, a nuestro más justo criterio, soluciones avanzadas, de los mercados nacional e internacional, y mostrando aplicaciones relevantes a la actividad a la que cada publicación se dedica.

Agradecimientos:

Agradecemos la colaboración prestada al grupo de trabajo formado por los siguientes expertos, designados por el CEI:

D. Gonzalo Ezquerro, Dña. Mar Gandolfo , D. Alfonso Ramos y D. José Ignacio Urraca.

.....
Esta publicación está incluida en el fondo editorial del IDAE,
en la Serie “Publicaciones Técnica IDAE”.

Cualquier reproducción, parcial o total, de la presente
publicación debe contar con la aprobación por escrito del IDAE.

Depósito Legal: __ (imprensa) __
.....

IDAE
Instituto para la Diversificación y
Ahorro de la Energía

Pº de la Castellana, 95 - Planta 21
E - 28046 - MADRID -

comunicacion@idae.es
www.idae.es

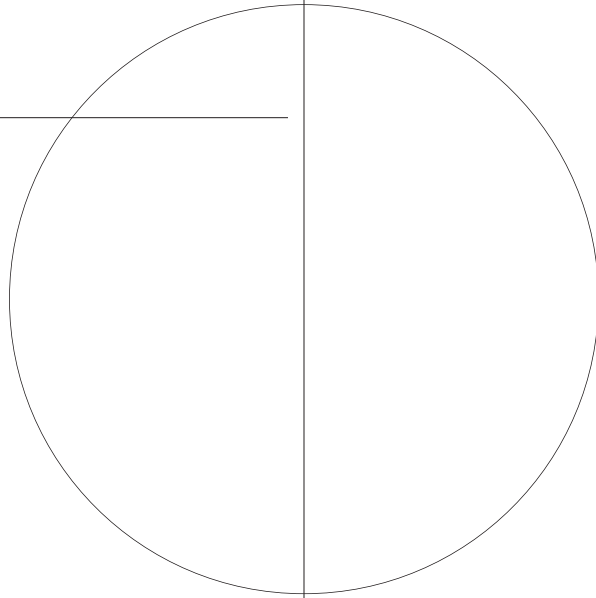
Madrid, marzo de 2001

Índice

1. Introducción	7
2. Objeto	9
3. Campo de aplicación	9
4. Clasificación de actividades	11
4.1. Actividad visual y espacios	13
4.2. Espacios de representación	14
4.3. Actividades especiales	14
4.4. Valoración del tiempo anual de actividad	14
5. Criterios de calidad y diseño	15
5.1. Iluminancia y uniformidad	17
5.2. Control del deslumbramiento	18
5.3. Modelado	19
5.4. Color	19
5.5. Ergonomía del puesto de trabajo	21
6. Sistemas de iluminación	23
6.1. Sistemas de alumbrado	25
6.2. Tipos de lámparas recomendadas	26
6.3. Tipos de equipos auxiliares recomendados	28
6.4. Tipos de luminarias recomendadas	32
6.5. Tipos de sistemas de regulación y control	36
6.6. Tratamiento de la iluminación decorativa	36
7. Parámetros de iluminación recomendados	37
7.1. Iluminación de unidades de hospitalización o habitaciones de pacientes	39
7.2. Iluminación de salas de reconocimiento y tratamiento	43
7.3. Iluminación de quirófanos	45
7.4. Iluminación de unidades de cuidados intensivos, UCI's	46
7.5. Iluminación de salas de rehabilitación y terapia	47
7.6. Iluminación de áreas de servicios	48
7.7. Iluminación de servicios de urgencias	49
7.8. Iluminación de accesos exteriores	49

Índice

8. Índices de eficiencia de los sistemas de iluminación	51
8.1. Índice de eficacia de lámparas recomendado	53
8.2. Índice de rendimiento de luminarias recomendado	53
8.3. Índice de consumo propio de equipos recomendado	54
8.4. Factores de reflexión recomendados	54
8.5. Coeficiente de utilización mínimo	54
9. Criterios de eficiencia energética en la instalación, explotación, mantenimiento, control y gestión energética	55
9.1. Maniobras y selectividad de la instalación	57
9.2. Sistemas de regulación y control	57
9.3. Mantenimiento	60
9.4. Gestor energético	62
10. Índice de eficiencia energética	63
11. Procedimiento para realización de un proyecto energéticamente eficiente	67
12. Casos prácticos de proyectos de rehabilitación	71
13. Normativas y recomendaciones	81
14. Glosario de definiciones técnicas	85
15. Bibliografía y Webs de interés	91



P

Presentación

1. Introducción

2. Objeto

3. Campo de aplicación



1 Introducción

La luz es una necesidad humana elemental y una buena luz, por tanto, es esencial para el bienestar y la salud.

La iluminación en hospitales, salas de consulta, etc., debe servir a dos objetivos fundamentales: garantizar las óptimas condiciones para desarrollar las tareas correspondientes, y contribuir a un atmósfera en la que el paciente se sienta confortable. Todo esto garantizando la máxima eficiencia energética posible.

Los servicios relacionados con la salud están sufriendo cambios estructurales muy importantes. Por un lado, los centros hospitalarios son espacios para el servicio social con importantes requerimientos de confort y sobre todo, de prestación de las últimas técnicas médicas. Sin embargo, por otro lado, un centro hospitalario es también un centro de servicios en el campo de la salud, que se debe regir por las reglas de la economía con respecto a la calidad y coste de sus servicios.

Como punto importante, cabe destacar, que además de la iluminación, es de especial interés el énfasis que se está dando a las “unidades de servicios médicos”, las cuales son usadas en hospitales, centros de rehabilitación y geriátricos. Estas unidades son complejos técnicos proveedores de los servicios de potencia, comunicación, gases medicinales e iluminación. La integración de la iluminación con estos otros servicios confiere a los proyectos de iluminación unas características complejas de diseño, de prestaciones técnicas, y de cumplimientos de regulaciones y normativas muy específicas, que pocas veces se dan en otro tipo de instalaciones.

Todos estamos familiarizados con la atmósfera funcional de los hospitales, la tristeza, los pasillos que nunca terminan y el mobiliario frío y monótono de las habitaciones en las cuales los pacientes deben recuperarse de sus enfermedades. La adecuada iluminación puede influenciar el estado de ánimo, y por tanto, combinada con otros elementos, contribuir significativamente al proceso de recuperación del enfermo.

El servicio de Infraestructuras Hospitalarias de Alemania ha realizado una serie de experiencias basadas en cambios en algunos de sus centros. Sus hospitales se han adaptado a los nuevos tratamientos y han conseguido algunos éxitos como reducir las estancias en hospital e incrementar la externalización del tratamiento de muchos pacientes.

En definitiva, la experiencia alemana, creando entornos más hogareños para el enfermo, (ambientes cálidos, iluminación por zonas, control de la iluminación por el enfermo, y materiales más confortables), ha conseguido reducir significativamente los tiempos de recuperación, contribuyendo de una forma efectiva al bienestar del paciente. Todo esto utilizando las tecnologías disponibles, y primando siempre la eficiencia de las instalaciones.

El ahorro de energía también es una prioridad, tanto por la necesidad de reducir costes en la explotación de los centros, como por la aportación que esta reducción de la carga energética hace a la conservación del medio ambiente. Los centros hospitalarios son espacios de uso público, de difícil control de los hábitos de los usuarios, y de uso muy continuado. Estas características hacen que en este tipo de edificios, la utilización de tecnologías, (que por su propia implantación, y hasta cierto punto, independientemente del tipo de uso), que garanticen un control de las cargas energéticas, y por tanto de sus costes, sea más importante que en otro tipo de sectores.

Las nuevas técnicas y equipos de iluminación, mucho más eficaces, proveen al proyectista en iluminación la oportunidad de acometer con éxito el compromiso entre los requerimientos de confort para el paciente y de prestación visual para el profesional, y el necesario control sobre el incremento de los costes energéticos.

La sociedad europea requiere, cada vez más, asistencia sanitaria de mayor calidad y más amplia. Además se alarga su esperanza de vida, y así hay una demanda superior de servicios geriátricos y hospitalarios. Esto supone un mayor peso específico de los centros relacionados con la salud en el reparto de los consumos de energía en iluminación, y por tanto un potencial de ahorro importante.

Desde el punto de vista energético y medioambiental, podemos destacar que aunque el peso específico de la iluminación respecto al consumo total de energía de un Hospital o centro de asistencia primaria, varía entre un 20% y un 30%, hay que resaltar que el consumo en iluminación de este sector es de unos 1000 GWh/año, lo que representa el 0,6% del consumo eléctrico nacional y es responsable de la emisión a la atmósfera de unas 600.000 toneladas de CO₂/ año.

Pero lo más destacado del sector de la iluminación en los Hospitales y centros de asistencia primaria, es que se estima que tiene un potencial de ahorro del 30%, lo que supondría reducir las emisiones en unas 180.000 toneladas de CO₂/año.

Por tanto, es muy importante la utilización de iluminación eficiente, mediante luminarias de alto rendimiento, que incorporen equipos de bajo consumo y lámparas de alta relación lumen/watio, unidas al uso de sistemas de regulación y control adecuados a las necesidades del local a iluminar, lo que permitirá tener unos buenos niveles de confort sin sacrificar la eficiencia energética.



2 Objeto

El objeto de esta guía técnica es establecer una serie de pautas y recomendaciones, para ayudar a los técnicos responsables de proyectar o redactar especificaciones técnicas de las instalaciones de iluminación de hospitales y otros centros relacionados con la salud, en su tarea de establecer los criterios de calidad a satisfacer en las mismas, seleccionando los sistemas de iluminación, luminarias, lámparas, equipos auxiliares de encendido y sistemas de regulación y control, así como los criterios básicos de diseño de dichas instalaciones, con la finalidad de:

- Cumplir con las recomendaciones de calidad y confort visual.
- Crear ambientes agradables y confortables para los usuarios de las instalaciones.
- Racionalizar el uso de la energía con instalaciones de la mayor eficiencia energética posible.

Para ello se pretende establecer un procedimiento a seguir por el técnico, en las fases de diseño, cálculo, selección de equipos y estudio energético y económico de alternativas, así como para los aspectos de mantenimiento y explotación de la instalación, desde el punto de vista de la eficiencia y el ahorro energético.

3 Campo de aplicación

El ámbito de esta guía técnica lo constituyen todos aquellos locales, edificios o conjunto de edificios, de carácter multidisciplinario, donde se realizan variadas actividades de carácter médico o paramédico propias de la función asistencial y/o hospitalaria.

Estos edificios pueden ser:

- Hospitales Generales, Comarcales o Universitarios.
- Hospitales de Especialidades, Geriátricos o terminales.
- Centros de salud y ambulatorios
- Mutuas y centros de rehabilitación
- Residencias de ancianos
- Clínicas y Policlínicas
- Enfermerías y botiquines
- Consultorios médicos
- Farmacias

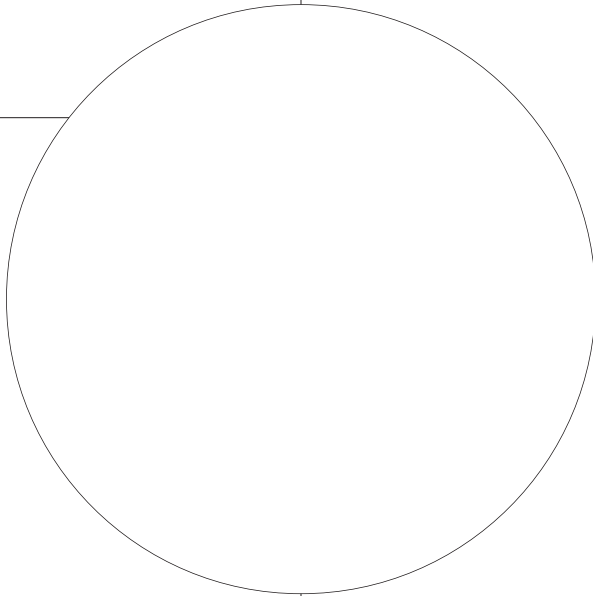
El ámbito hospitalario se considera en toda su amplitud, comprendiendo tanto las áreas propias de las diferentes disciplinas médicas⁽¹⁾, como las de todas las actividades de hospitalización⁽²⁾ y auxiliares⁽³⁾ necesarias para el buen funcionamiento de estos centros.

⁽¹⁾ De diagnóstico: Consultorios, Radiología, Laboratorios de análisis, Electrocardiogramas, Scanners, etc. De terapia: Rehabilitación, Radioterapia, Fisioterapia, Quirófanos, Urgencias, Salas de curas, Hemodiálisis, etc.

⁽²⁾ Enfermería, Hospitalización, Oficios, UCIS, Salas de espera, Farmacia

⁽³⁾ Oficinas de administración, cocinas, cafetería, comedor, salas de máquinas, capilla, gimnasios, sala de actos, lavandería, hall, accesos, aparcamientos, jardines, etc.





4

Clasificación de actividades





4. Clasificación de actividades

Al estudiar el diseño del alumbrado de un centro hospitalario, observamos la existencia de distintas tareas que requieren de un tratamiento específico. Trataremos los espacios uno por uno, no aislándolos, sino relacionándolos en un todo que forma el centro, ya que los usuarios los ocupan de una forma indiscriminada durante la jornada a especificar.

La luz natural exterior participará de una forma definitiva en la iluminación de los interiores, si bien de manera distinta en las distintas salas, en función de la orientación de éstas y de la superficie acristalada (ventanas, lucernarios, claraboyas) que dispongan.

4.1.- Actividad visual y espacios

Contemplando la similitud de las tareas, en los centros hospitalarios se pueden distinguir, genéricamente, los siguientes grupos, clasificados según el nivel de percepción que se precisa para realizar la tarea o función específica.

1) Espacios con actividad visual elevada:

- Quirófanos
- Laboratorios
- Salas de rehabilitación y terapia
- Salas de reconocimiento y tratamiento
- UCI's
- Servicios de urgencias
- Salas de rayos X
- Salas de medicina nuclear

- Salas de radioterapia
- Salas de consultas externas

2) Espacios con actividad visual normal:

- Unidades de hospitalización
- Farmacia
- Oficinas
- Despachos

3) Espacios con actividad visual baja:

- Vestíbulos
- Pasillos y escaleras
- Comedores y cafeterías
- Servicios
- Almacenes
- Zonas de esperas y paso

4.2.- Espacios de representación

En los Centros hospitalarios existen determinados locales o zonas especialmente significativas, que requieren soluciones en las que no siempre deba ser predominante la exigencia de la eficiencia energética. Estos pueden ser:

- Salas de actos.
- Zonas de dirección.
- Despachos de consulta.
- Accesos exteriores

4.3.- Actividades especiales

Pueden clasificarse dentro de este apartado las propias del alumbrado de hospitales y que requieren elevadas exigencias de realización visual: quirófanos, laboratorios, salas de curas, autopsias, etc.



Hay que tener presente que un hospital es un recinto donde se desarrollan las mismas actividades que las habituales en situaciones normales y que, además de forma totalmente imprevista, se pueden presentar circunstancias fuera de cualquier previsión.

Por esta particularidad, se puede decir que dentro de las áreas consideradas específicamente hospitalarias, tanto de forma permanente como esporádica, todas pueden clasificarse de especiales.

4.4.- Valoración del tiempo anual de la actividad

El tiempo anual de la actividad de cada local o espacio, es muy importante a la hora de valorar el ahorro energético que supondría la implantación de un sistema de iluminación eficiente en cada tipo de espacio.

En general, un hospital tiene una gran utilización. Debido al carácter multidisciplinario y de servicios y a la variedad de las actividades que se desarrollan, hay zonas que se pueden considerar de máximo uso anual, como puede ser el caso de Urgencias, hospitalización y otras en que el uso es menor, decreciendo a medida que la actividad se aparta de las estrictamente hospitalarias.

1) Ejemplos de zonas de máximo uso anual, 24 horas al día los 365 días del año:

- Urgencias
- Unidades de hospitalización
- Salas de máquinas
- Cocina (actividad casi constante)
- Ascensores
- Vestíbulos, escaleras, accesos, pasillos, etc.
- Farmacia (*)
- UCI's(*)

(*) pueden cerrarse parcialmente



2) Ejemplos de zonas de un uso elevado:



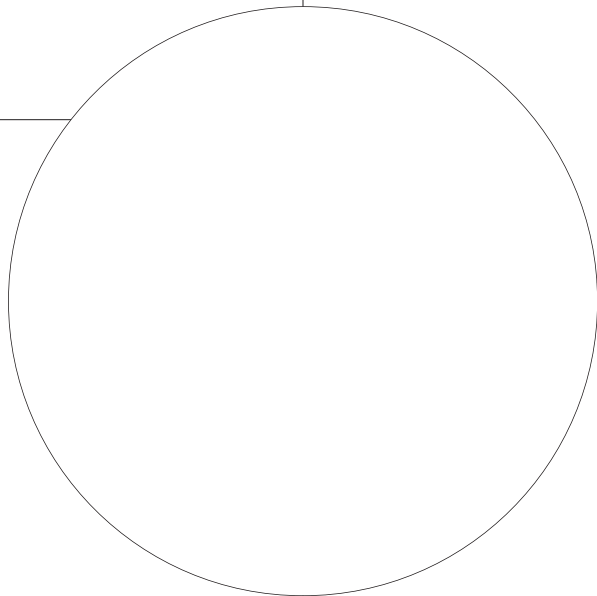
- Quirófanos (+)
- Laboratorios (+)
- Esterilización (+)
- Rayos X (+)
- Diálisis (+)

(+) en estas áreas, debe haber una unidad de urgencia siempre preparada.

3) Ejemplos de zonas de menor uso anual, laborables, de 8 á 12 horas al día:



- Consultas externas
- Oficinas
- Medicina nuclear
- Radioterapia
- Almacenes
- Archivos



5

5 Criterios de calidad y diseño





5 . Criterios de calidad y diseño

Son los criterios a aplicar en la definición, estudio, proyecto e instalación de un sistema de iluminación.

5.1.- Iluminancia y uniformidad

Se entiende por iluminancia o nivel de iluminancia, a la cantidad de flujo luminoso (lúmenes) que emitido por una fuente de luz, llega vertical u horizontalmente a una superficie, dividido por dicha superficie, siendo su unidad de medida el lux.

a) El nivel de iluminancia debe fijarse en función de :

- El tipo de tarea a realizar (necesidades de agudeza visual)
- Las condiciones ambientales
- Duración de la actividad

Según el tipo de actividad, las iluminancias a considerar serán:

- Horizontales
- Verticales

En el plano horizontal la iluminancia media estará definida por el valor medio del sumatorio de puntos. El número mínimo de puntos a considerar estará en función del índice del local (K) y de la obtención de un reparto cuadrulado simétrico.

El cálculo del índice del local es función de:

$$K = L \times A / H \times (L + A);$$

en donde:

L = Longitud del local

A = Anchura del local

H = Distancia del plano de trabajo a las luminarias

El número de puntos mínimo es:

$$K < 1 = 4 \text{ puntos}$$

$$K \quad 1 \text{ y } < 2 = 9 \text{ puntos}$$

$$K \quad 2 \text{ y } < 3 = 16 \text{ puntos}$$

$$K \quad 3 = 25 \text{ puntos}$$

En el plano vertical la iluminancia media estará definida por el valor medio del sumatorio de puntos. El número mínimo de puntos a considerar será función de la actividad a la que este dedicada la superficie y de la obtención de un reparto cuadrulado lo más simétrico posible.

b) Uniformidad de iluminancias:

Las uniformidades horizontales y verticales serán función de los valores de iluminancia media, mínima y máxima, obtenidas de cada matriz de puntos definidos en el plano horizontal o vertical.

La relación de uniformidades a utilizar para valorar cada plano de cálculo es:

$$\text{Uniformidad media (Um)} = \frac{\text{Iluminancia mínima (Emín)}}{\text{Iluminancia media (Em)}}$$

$$\text{Um} = \text{Emín} / \text{Em}$$

5.2.- Control del deslumbramiento

En general el deslumbramiento es un efecto no deseado en el diseño y practica de la iluminación.

El deslumbramiento se puede producir de forma directa por lámparas, luminarias y ventanas o por reflexión producida por superficies de alta reflectancia (brillante), que pueden estar en el campo de visión del observador. El grado de deslumbramiento directo admisible en el campo visual del observador esta función del tipo de actividad que se realiza en el local.

El deslumbramiento directo de lámparas, se elimina con la utilización de luminarias que redistribuyan el flujo de las mismas de forma idónea para la actividad a realizar.

Para validar la idoneidad de las luminarias para la actividad a desarrollar, utilizaremos el criterio C.I.E., este sistema tiene clasificada las tareas o actividades en cinco grupos que definen otras tantas clases de calidad. Cada grado de calidad tiene asignado un índice de deslumbramiento surgido de la evaluación subjetiva del deslumbramiento, llevado a cabo en el laboratorio por un grupo de observadores.

- La clase de calidad "A" será para una actividad visual muy alta, índice de deslumbramiento 1'15.
- La clase de calidad "B" será para una actividad visual alta, índice de deslumbramiento 1'50.
- La clase de calidad "C" será para una actividad visual media, índice de deslumbramiento 1'85.
- La clase de calidad "D" será para una actividad visual baja, índice de deslumbramiento 2'20.
- La clase de calidad "E" será para una actividad visual muy baja (donde los trabajadores no están confinados en un puesto concreto), índice de deslumbramiento 2'55.

El diagrama C.I.E (Fig.2) que permite comprobar la idoneidad de la luminaria a utilizar esta formado por valores de iluminancia media en servicio (lux), curvas patrón de limitación de la luminancia (línea negra), escala de índices de deslumbramientos (de 1'15 a 2'55) y clases de calidad (de A a E).

Procedimiento para el uso del diagrama C.I.E. es:

- Selección de la curva patrón adecuada (línea negra) a partir de la clase de calidad (A....D) y el nivel de iluminancia recomendado para la dependencia o actividad (ver capítulo 7).
- Comparación de la curva de luminancia de la luminaria seleccionada (línea azul) con la curva patrón de limitación de la luminancia. Si el valor de la curva de la luminaria (línea azul) no supera a la seleccionada, la instalación es correcta.

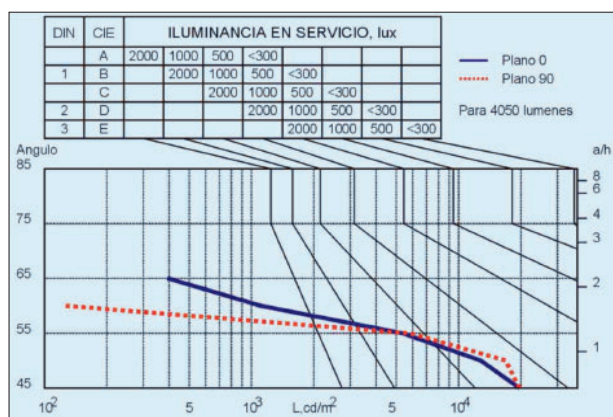
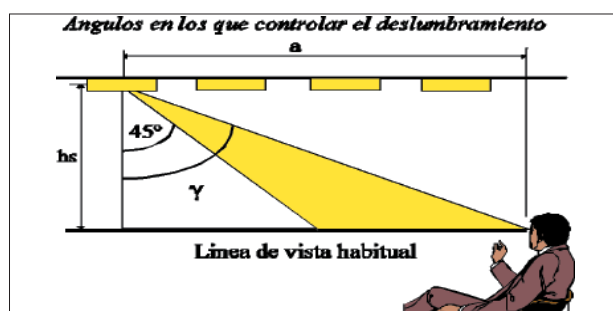


Figura 2

Por ejemplo, la luminaria definida en el diagrama CIE anterior por la curva de luminancia (línea azul):

- Sería válida para el caso de un pasillo, con unos parámetros de iluminación recomendados según el capítulo 7 de: iluminancia media horizontal 200 lux y clase de calidad C.
- No sería válida para el caso de una oficina, con unos parámetros de iluminación recomendados según el capítulo 7 de: iluminancia media horizontal 500 lux y clase de calidad A.

Cabe destacar las zonas con pantallas de ordenador o televisión; en estos casos, es necesaria la utilización de luminarias cuya luminancia para ángulos mayores de 60° contados desde la vertical, tanto para plano transversal como longitudinal, sea igual o inferior a 200 cd/m^2 . Estas luminarias se llaman de baja luminancia.

El deslumbramiento debido a la luz natural (ventanas), no tiene que ser un inconveniente para intentar su máximo aprovechamiento, tanto por el ahorro energético que se puede obtener, como por el beneficio psicológico que aporta el contacto con el entorno.

El control de este deslumbramiento se puede lograr mediante la distribución idónea de mesas, etc., y utilización de sistemas de apantallamiento con regulación en ventanas y claraboyas (lamas, persianas, cortinas, etc.).

El deslumbramiento reflejado está influido, en gran manera, por el color y acabado de las superficies que aparecen en el campo de visión del observador, por lo que es recomendable que todas las superficies (del local y mobiliario) dispongan de un acabado mate que evite los reflejos molestos.

5.3.- Modelado

Los criterios de modelado son de gran importancia en la iluminación de las volumetrías, ya que la correcta percepción de las tres dimensiones o de la textura de un objeto permite un conocimiento real del mismo. Esto se consigue utilizando el efecto modelador del alumbrado direccional.

Según sea el usuario del hospital, la trascendencia de la influencia del modelado es diferente y en algunos casos puede ser fundamental:

- Para el enfermo puede ayudar a crear una determinada sensación de clima o calidad ambiental, que le hará más llevadera la estancia en el centro.
- Para los médicos y personal sanitario ayudará al desarrollo de su trabajo:
- En el diagnóstico de enfermedades
- En la reparación sanitaria:
 - Curas
 - Traumatología
 - Cirugía

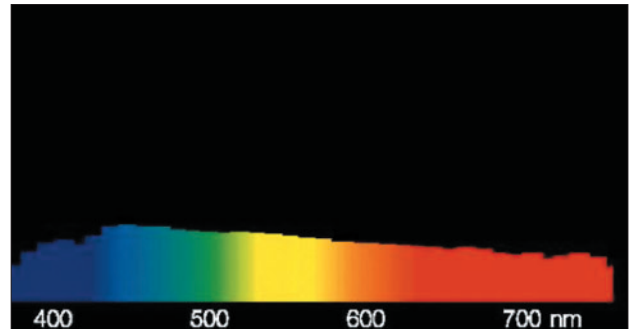
El modelado ha de ser estudiado en cada caso, para conseguir el resultado necesario para cada función.



5.4. Color

El color de un espacio o local iluminado artificialmente, dependerá de la lámpara seleccionada y concretamente de dos parámetros de la lámpara:

- Índice de reproducción cromática (Ra) o Grupo de rendimiento de color según CIE (1A, 2A,1B,2B)
- Temperatura de color (K)



Para seleccionar una lámpara según los criterios de color recomendados para un espacio o local, se utilizará la siguiente tabla:

Índice de reproducción cromática, (Ra)	Grupo de Rendimiento de color	Cálido < 3300 K	Neutro 3300-5000 K	Frío > 5000 K
Excelente 90-100	1A	Halógenas. Fluorescencia lineal y compacta	Fluorescencia lineal y compacta	Fluorescencia lineal y compacta
Bueno 80-90	2A	Fluorescencia lineal y compacta. Sodio Blanco	Fluorescencia lineal y compacta. Halogenuros e Inducción	
Razonable 70-80	1B	Halogenuros metálicos	Halogenuros metálicos	Halogenuros metálicos
Mala < 70	2B	Mercurio. Sodio	Mercurio	

Aunque la percepción y las preferencias del color varían con el clima, la zona geográfica, la edad o la personalidad, hay un acuerdo universal en llamar “colores cálidos” a los amarillos, rojos y púrpuras, y “colores fríos” a los verdes y azules, denominando “colores neutros” a los grises.

Para crear un efecto psicológico positivo se puede jugar con los colores de la luz y de las superficies y crear un ambiente cálido o frío, dependiendo de las necesidades.

Si bien la tonalidad de las lámparas que se utilizan en la iluminación de las estancias de los hospitales es esencial para el ambiente que se crea, también son de gran importancia sus características de reproducción cromática.

En los hospitales se debe tener también en cuenta el color de paredes y mobiliario.

Si para las actividades cotidianas es importante una buena reproducción de los colores, en las áreas hospitalarias se incrementa significativamente, ya que puede ayudar a :

- Realizar diagnósticos más correctos
- Determinar el estado de las heridas o partes enfermas
- Predisponer positivamente al enfermo

Ejemplos de la utilización del color en diagnósticos:

- Cianosis (Coloración azulada de los niños)
- Bilirobinemia (Necesidad de luz en niños recién nacidos)
- Hepatitis (Coloración amarilla de la piel)

Hay que tener una especial atención en la utilización del color en hospitales de tipo psiquiátrico o mentales.

Tono de luz. Temperatura de color	Tipo de actividad o de iluminación
Tonos cálidos. < 3000 K.	Entornos decorados con tonos claros Áreas de descanso. Salas de espera. Zonas con usuarios de avanzada edad Áreas de esparcimiento. Bajos niveles de iluminación
Tonos neutros. 3300 - 5000 K.	Lugares con importante aportación de luz natural Tareas visuales de requisitos medios.
Tonos fríos. > 5000 K.	Entornos decorados con tonos fríos Altos niveles de iluminación Para enfatizar la impresión técnica. Tareas visuales de alta concentración

En áreas donde hay espejos, como los servicios, es importante que el paciente tenga un aspecto natural, la fuente de luz elegida tiene que reproducir correctamente los tonos de la piel. Un compromiso aceptable es utilizar lámparas fluorescentes de temperatura de color de 4.000 K (neutras), e índice de reproducción cromática $Ra > 80$.

5.5.- Ergonomía del puesto de trabajo

Desde el punto de vista ergonómico, la instalación de alumbrado debe satisfacer una serie de aspectos que hagan de la actividad a desarrollar por el observador una tarea cómoda, es decir:

1. No debe crear problemas de adaptación visual.
2. Debe proveer la agudeza visual adecuada.
3. No debe obstruir la tarea visual y debe permitir posturas cómodas.
4. Debe limitar la producción de ruido.
5. Debe eliminar el efecto estroboscópico.
6. Debe generar al recinto iluminado poca carga térmica.

1. La adaptación visual requerida se consigue mediante adecuadas relaciones de luminancia entre la tarea visual y el fondo contra el que se enfoca de modo ocasional. Las relaciones óptimas de luminancias entre diferentes superficies de la instalación son las comentadas en la siguiente tabla.

Las características de las superficies pueden variar desde especulares, (como espejos y escaparates, donde el brillo cambia con la dirección de observación, el tamaño, la posición y la intensidad de la fuente de luz, y el grado de specularidad de la superficie vista), a totalmente difusas, cuyo brillo es totalmente uniforme desde cualquier dirección de observación e independiente de la dirección de la iluminación.

Si el tipo de superficies pueden ser seleccionadas, éstas se deben elegir para evitar tener grandes diferencias de brillo entre distintas superficies. En la siguiente tabla se exponen los límites máximos recomendados de relaciones de valores de luminancias entre diferentes partes de una estancia.

Relación recomendada

Tarea y alrededores inmediatos	5 a 1
Tarea y fondo general	10 a 1
Luminaria y entorno	20 a 1
Dos puntos cualesquiera	40 a 1

Cuando las reflectancias de las superficies, no pueden ser seleccionadas, el control se debe realizar optimizando la orientación, posición y luminancia de las luminarias, y la iluminación sobre las distintas superficies.



La reflexión de fuentes de luz en superficies transparentes o especulares, como ventanas y mostradores puede causar deslumbramiento y la disminución de la visibilidad.

2. La agudeza visual está íntimamente ligada al nivel de iluminación media, y estos niveles deberán cumplir con las recomendaciones que se aportan en el capítulo 7.

3. La adecuada implantación de las luminarias y la selección de las mismas para cada tipo de recinto, debe garantizar la ausencia de deslumbramiento directo y reflejado. Cabe destacar las zonas con pantallas de ordenador o televisión; en estos casos, es necesaria la utilización de luminarias cuya luminancia para ángulos mayores de 60° contados desde la vertical, tanto para plano transversal como longitudinal, sea igual o inferior a 200 cd/m^2 . Esta luminarias se llaman de baja luminancia. En algunos casos, en los que las pantallas estén en posición horizontal, se precisa de iluminación indirecta para evitar estos reflejos, aún cuando se incremente el consumo energético.

4, 5, 6. Para garantizar que no se producirá ruido por vibración, el efecto estroboscópico (parapadeo de la luz), así como un incremento mínimo de temperatura en el local, es recomendable utilizar balastos electrónicos de alta frecuencia. En el caso de utilizar balastos electromagnéticos las pérdidas por efecto Joule, no deberán sobrepasar en ningún caso el 15 % de la potencia nominal de la lámpara o lámparas asociadas.

Es posible integrar el sistema de refrigeración con el sistema de iluminación, realizando la extracción de aire a través de las luminarias, con lo que se reduce la radiación térmica emitida por las luminarias, se incrementa la eficacia de las fuentes de luz fluorescentes, se alarga la vida de las fuentes de luz, y según la configuración de la luminaria, se contribuye a la limpieza de la misma, y por tanto, a su mayor eficacia, incrementando así de forma global la eficiencia de todo el sistema de iluminación.

Casos especiales

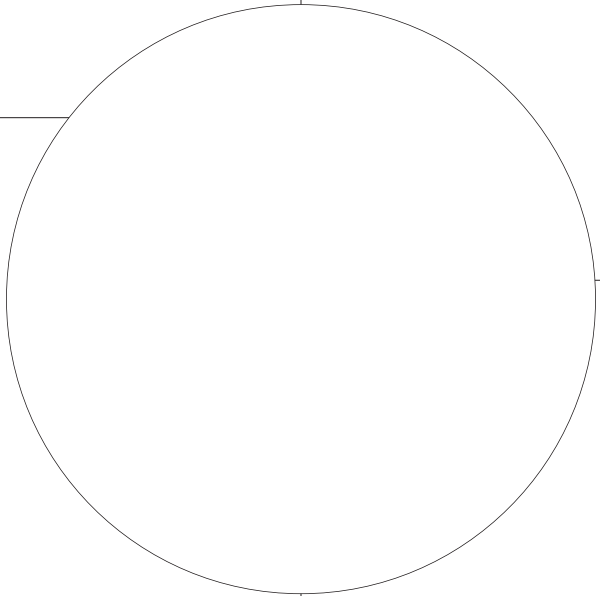
Son casos especiales todas las zonas “limpias” (que requieren una gran asepsia) de las áreas hospitalarias, clasificadas éstas de mayor a menor riesgo:

- Quirófanos, salas de partos, salas de curas, salas de esterilización.
- UCI's
- Unidades de hospitalización
- Salas de autopsias

Las luminarias y accesorios instalados en estas zonas, además de proporcionar la iluminación en la cantidad y calidad requerida para cada actividad, deberán cumplir los siguientes requisitos:

- Grado de estanquidad elevado, que garantice la separación de ambientes entre el interior de la luminaria y la zona limpia, y entre ésta y los falsos techos.
- La radiación infrarroja será lo más reducida posible, al objeto de no favorecer la incubación y multiplicación de gérmenes.
- Deben poderse limpiar fácilmente para asegurar la asepsia de la zona.
- Estarán exentas de aristas y cantos vivos, con lo que se evitarán heridas e infecciones.





6

Sistemas de iluminación

Directa 0-10% 20-100%		Semi-directa 10-40% 60-90%		General-difusa 40-60% 40-60%	
Directa-indirecta 40-60% 40-60%		Semi-indirecta 60-90% 10-40%		Indirecta 90-100% 0-10%	



6. Sistemas de iluminación

En este capítulo se enumeran las principales tipologías de iluminación y los principales tipos de lámparas, luminarias, equipos y sistemas de control disponibles, así como los criterios básicos para su elección, siempre desde el punto de vista de la eficiencia energética.

6.1.- Sistemas de alumbrado

Los sistemas de alumbrado que se emplean en hospitales y centros de asistencia primaria son:

Alumbrado general

Se denomina así al alumbrado de un espacio en el que no se tiene en cuenta las necesidades particulares de ciertos puntos determinados. Se utilizará en locales como:

- Unidades de hospitalización.
- Quirófanos y salas de reconocimiento.
- Salas de partos y de autopsia.
- Oficinas y zonas administrativas.
- Áreas de descanso y espera. Sala de visitas.
- Salas de terapia y rehabilitación.
- Pasillos, halls, vestíbulos.

Alumbrado localizado:

Es el utilizado para una tarea específica, adicional al alumbrado general y controlado independientemente.

Se utilizará en locales como:

- Quirófanos y Urgencias.
- Salas de curas y salas de partos.

- Zonas de diagnóstico e inspección visual.
- Unidades de hospitalización.
- Luz de reconocimiento, de inspección o de vigilia.

Alumbrado general + localizado:

Es el alumbrado resultante de añadir el alumbrado localizado al alumbrado general.

Alumbrado directo:

Es el obtenido por medio de luminarias con una distribución fotométrica tal que, al menos el 90 % del flujo luminoso emitido alcanza directamente el plano de trabajo, suponiendo dicho plano ilimitado.

Alumbrado indirecto:

Es el obtenido por medio de luminarias con una distribución fotométrica tal que, como máximo el 10 % del flujo luminoso emitido alcanza directamente el plano de trabajo, suponiendo dicho plano ilimitado.

En instalaciones específicas se requieren sistemas de iluminación indirecta que garantice una mejora en el confort visual; esta mejora nos viene proporcionada por la reducción de posibilidades de deslumbramiento directo. Hay que recalcar que este sistema de alumbrado es el de menor eficiencia energética.

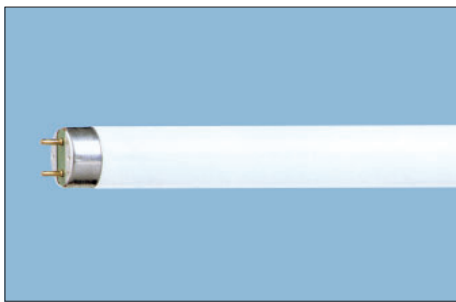
- Alumbrado decorativo:

Iluminación prevista para proveer entornos más agradables visualmente.

6.2.- Tipos de lámparas recomendados

Los tipos de lámparas recomendados para la iluminación de hospitales y centros de asistencia primaria son:

1. Fluorescentes tubulares lineales (T8) de 26 mm. de diámetro.
2. Fluorescentes tubulares lineales (T5) de 16 mm. de diámetro.
3. Fluorescentes compactas con equipo incorporado (denominadas lámparas de bajo consumo).
4. Fluorescentes compactos (TC).
5. Fluorescentes compactos de tubo largo (TC-L).
6. Lámparas incandescentes halógenas.
7. Lámparas de inducción electromagnética.
8. Lámparas de descarga de halogenuros metálicos (HM).
9. Vapor de mercurio color corregido (VM), (sólo para los exteriores).



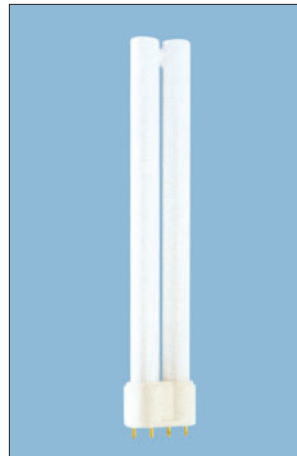
Fluorescente (T8)



Fluorescente (T5)



Fluorescente compacto (TC)



Fluorescente compacto de tubo largo (TC-L)



Fluorescente compacto con equipo incorporado



Inducción electromagnética



Incandescente halógena



Vapor de Mercurio

Seleccionar la más apropiada depende de muchos factores como son la eficacia de la lámpara, las cualidades cromáticas, el flujo luminoso, la vida media, el equipo necesario, y aspectos medio ambientales, entre otros. En la tabla siguiente se pueden ver las características de las lámpara más idóneas para iluminación general, localizada y decorativa. Los pasos a seguir para seleccionar la lámpara más adecuada para cada dependencia serán:

- 1º Seleccionar aquella lámpara que cumplan los parámetros, tono de luz o temperatura de color (K) e índice de reproducción cromática (Ra), recomendados para el local (ver capítulo 7).
- 2º De aquellos tipos de lámparas que cumplan la condición anterior, seleccionar la de mayor eficiencia energética, es decir, la que tenga un valor mayor del parámetro lúmenes por vatio.
- 3º Seleccionar la lámpara con mayor vida media, medida en horas.

Tipo de Lámpara	Rango de potencias	Tono de luz	Ra	lm / W	Vida media, h	Aplicación

6.3. - Tipos de equipos auxiliares recomendados

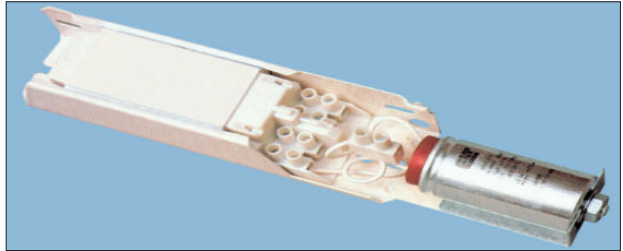
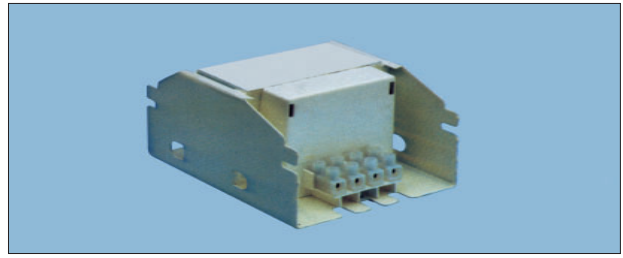
Son los equipos eléctricos asociados a la lámpara y por tanto, diferentes para cada tipo de lámpara, no obstante, con carácter general los equipos auxiliares más comunes son los balastos, arrancadores y condensadores.

Las características de los equipos auxiliares son función de las características de la red y del tipo y potencia de la lámpara.

6.3.1 Balastos.

El balasto es el componente que limita el consumo de corriente de la lámpara a sus parámetros óptimos; cuando el balasto es electromagnético comúnmente se le conoce como reactancia, ya que es frecuente el uso de inductancias como dispositivo de estabilización.

El balasto asociado a la lámpara o lámparas, deben proporcionar a éstas los parámetros de trabajo dentro de los límites de funcionamiento establecidos en las normas y con las menores pérdidas de energía posibles.

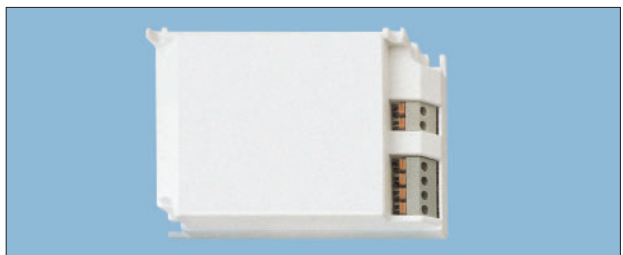


Desde el punto de vista de la eficiencia energética, existen tres tipos de balastos con las siguientes pérdidas sobre la potencia de la lámpara, según tipo de lámpara, número de lámparas asociadas al equipo y potencia de las mismas:

Rango de pérdidas	Tipo de Balasto			
	Tipo de Lámpara	Magnético estándar	Magnético bajas pérdidas	Electrónico
Fluorescencia		20-25 %	14-16 %	8-11 %
Descarga		14-20%	8-12 %	6-8 %
Halógenas baja tensión		15-20 %	10-12 %	5-7 %

Según el tipo de lámpara los equipos pueden ser :

- | | |
|---|--------------------------------|
| - Lámpara tubular fluorescente T8, (d=26) | Electromagnético / Electrónico |
| - Lámpara tubular fluorescente T5, (d=16) | Electrónico |
| - Lámpara fluorescente compacta | Electromagnético / Electrónico |
| - Lámpara vapor de mercurio | Electromagnético |
| - Lámpara de halogenuros metálicos | Electromagnético/ Electrónico |
| - Incandescencia halógenas : | Electromagnético / Electrónico |
| - Lámparas de inducción electromagnética | Electrónico |



Balastos electrónicos

En función del tipo de encendido existen dos tipos de balastos electrónicos:

- Con precaldeo: Los filamentos que hay en los extremos del tubo, reciben una tensión de bajo voltaje durante un breve espacio de tiempo. Una vez caliente, se aplica un impulso de cebado de unos 500 voltios, con lo que el tubo arranca fácilmente y posteriormente se estabiliza.

Este tipo de balasto electrónico es recomendable para locales con un número frecuente de encendidos, ya que se estima que la vida del tubo aumenta en un 50%.

- Sin precaldeo: Este balasto aplica directamente a los electrodos un pico de tensión de 1000 voltios, consiguiendo un encendido inmediato (0,1 seg).

Este tipo de balasto sin precaldeo es recomendable para locales donde el número de encendidos y apagados diarios no sea superior a tres.

En general se recomienda la utilización de balastos electrónicos por sus muchas ventajas frente a los electromagnéticos.

Podemos enumerarlas por:

Economía:

- Reducción del 25 por ciento de la energía consumida, respecto a un equipo electromagnético.
- Incremento de la eficacia de la lámpara.
- Incremento de la vida de las lámparas hasta del 50 por ciento, reduciendo los costes de mantenimiento.
- No es necesario sustituir el cebador cada vez que se cambia la lámpara.
- Reducción de la carga térmica del edificio, debido al menor consumo.
- Reducción de la temperatura de funcionamiento de la luminaria, facilitando que las lámparas no superen su temperatura óptima de funcionamiento.
- Factor de potencia corregido a 1.

Confort:

- Encendido instantáneo y sin destellos.
- Desconexión automática de lámparas defectuosas, impidiendo destellos molestos y recalentamientos de otros componentes del equipo eléctrico, como es el caso con arranque por cebador.
- Luz más agradable, sin parpadeo ni efecto estroboscopia, mediante el funcionamiento a alta frecuencia. Reducción de los dolores de cabeza y el cansancio de la vista atribuidos al parpadeo producido por los balastos magnéticos.
- Aumento del confort general eliminándose los ruidos producidos por el equipo eléctrico.

Seguridad:

- Desconexión de las lámparas defectuosas ó agotadas.

- Protección del equipo eléctrico contra picos de tensión.
- Mayor seguridad contra incendios al reducirse la temperatura del equipo y de la luminaria.
- Posibilidad de conexión a Corriente Continua para iluminación de emergencia.

Normativa :

- Cumplen la norma de distorsión armónica EN 60555-2.
- Cumplen la norma de interferencias electromagnéticas EN 55015 y EN 55022.
- Están homologadas según la norma de seguridad EN 60928, que incluye las anteriormente mencionadas.

Ventajas adicionales de los balastos con regulación:

- Mayor confort, permitiendo ajustar el nivel de luz según las necesidades.
- Posibilidad de conectarse a sensores de luz y ajustar en automático la intensidad de luz de la lámpara, y mantener un nivel de luz constante.
- Reducción adicional del consumo eléctrico, cuando el sistema está en regulación hasta el 70 % en el caso de los sistemas de regulación con la señal de 1-10 v, ó del 100 % en el caso de los sistemas digitales cuando el nivel de flujo de las lámparas llega al 1% y se desconectan automáticamente.

Según la Directiva Europea 2000/55/CE de 18 de Septiembre de 2000, relativa a los requisitos de eficiencia energética de los balastos de lámparas fluorescente (exceptuando las lámparas compactas de bajo consumo), el conjunto lámpara-equipos no deberá sobrepasar los valores de la siguiente tabla.

Tabla para situar el tipo de balasto en su categoría:

Categoría	Descripción
1	Balastos para lámpara tubular
2	Balastos para lámpara compacta de 2 tubos
3	Balastos para lámpara compacta plana de 4 tubos
4	Balastos para lámpara compacta de 4 tubos
5	Balastos para lámpara compacta de 6 tubos
6	Balastos para lámpara compacta de tipo 2D

Una vez situado el balasto en su categoría, la siguiente tabla nos indica la potencia máxima de entrada permitida para el conjunto balasto-lámpara para una primera fase, a partir del 20 de Noviembre de 2000, y para una segunda fase, a partir del 20 de noviembre de 2005.

Categoría del balasto	Potencia de la lámpara (W)		Potencia máxima del conjunto (W)	
	50 Hz	HF	1ª Fase	2ª Fase
1	15	13,5	25	23
	18	16	28	26
	30	24	40	38
	36	32	45	43
	38	32	47	45
	58	50	70	67
	70	60	83	80
2	18	16	28	26
	24	22	34	32
	36	32	45	43
3	18	16	28	26
	24	22	34	32
	36	32	45	43
4	10	9,5	18	16
	13	12,5	21	19
	18	16,5	28	26
	26	24	36	34
5	18	16	28	26
	26	24	36	34
6	10	9	18	16
	16	14	25	23
	21	19	31	29
	28	25	38	36
	38	34	47	45

Ejemplo: Si evalúa una lámpara fluorescente tubular de 36W de potencia nominal, es decir, 36W de potencia de lámpara con balasto electromagnético y 32W de potencia de lámpara con balasto electrónico, la cual se encuentra en la categoría 1, según esta la tabla en una primera fase la potencia máxima del conjunto lámpara-balasto permitida es de 45W, y de 43W en la segunda fase.

6.3.2 Arrancadores.

El arrancador es el componente que proporciona en el momento del encendido, bien por sí mismo o en combinación con el balasto, la tensión requerida para el cebado de la lámpara. El arrancador puede ser eléctrico, electrónico o electromecánico.

Conviene mencionar que las lámparas fluorescentes, cuando el equipo auxiliar es un balasto electromagnético, también precisan un arrancador que comúnmente es conocido como cebador. El cebador realiza primero un caldeo de los cátodos para posteriormente iniciar el encendido.

El arrancador es un componente del equipo auxiliar cuyas características eléctricas tienen una importancia fundamental en la vida de la lámpara. La tensión de pico, la corriente máxima (independiente / en serie) posición de fase, tensión de conexión e interrupción, tiene que ser la idónea para lo requerido por tipo y potencia.

El arrancador es un componente con una fuente de energía limitada; el que esta energía llegue a la lámpara con la magnitud requerida para su arranque, depende del tipo de arrancador (independiente, mediante balasto) y del cableado (clase de conductor, disposición, etc.) que se realice.

Desde el punto de vista de la eficiencia energética los arrancadores suponen una pérdida entre el 0,8-1,5% de la potencia de la lámpara.

6.3.3 Condensadores.

El condensador es el componente que corrige el factor de potencia ($\cos\phi$) a los valores definidos en normas y reglamentos en vigor. En alumbrado su utilización es fundamental con balastos electromagnéticos, ya que la corriente que circula por ellos se halla en oposición de fase con respecto a la corriente reactiva de tipo inductivo de la carga, produciendo su superposición y una disminución de la corriente (y potencia) reactiva total de la instalación.

El resultado final es una reducción de la potencia consumida que se traduce en un menor gasto energético y, por lo tanto, en una mayor eficiencia energética de la instalación. Se puede mencionar que las pérdidas en los condensadores suponen entre el 0,5-1% de la potencia de la lámpara.

Hay que recalcar que tanto el condensador como el arrancador, únicamente se utilizan con balastos electromagnéticos y no con los electrónicos, ya que éstos llevan incorporado unos componentes electrónicos que desempeñan las funciones de ambos equipos.

El conjunto de componentes que forman el equipo auxiliar deben cumplir, tanto individualmente como en conjunto, las normas, reglamentos, directivas, etc., que estén en vigor. En la actualidad debemos tener en consideración:

En balastos electromagnéticos para lámparas fluorescentes:

- Prescripciones generales y de seguridad UNE-EN-60920 (CEI 920).
- Prescripciones de funcionamiento UNE-EN-60921 (CEI 921).

En balastos electromagnéticos para lámparas de descarga a alta presión:

- Prescripciones generales y de seguridad UNE-EN-60922.
- Prescripciones de funcionamiento UNE-EN-60923.
- Para lámparas de vapor de mercurio a alta presión UNE-EN 60.188.
- Para lámparas de vapor de halogenuros metálicos UNE-EN 61.167.
- Para lámparas de vapor de sodio de alta presión UNE-EN 60.662.

En balastos electrónicos de alta frecuencia:

- Prescripciones de funcionamiento EN-60.929.
- Prescripciones generales de seguridad EN-60.928.
- Perturbaciones de los sistemas de alimentación. Armónicos EN-61.000-3-2.
- Compatibilidad Electromagnética. Norma genérica de emisión. UNE-EN-50.081-1
- Compatibilidad Electromagnética. Norma genérica de inmunidad UNE-EN 50.082-1.
- Perturbaciones radioeléctricas de las lámparas fluorescentes y luminarias UNE-EN 55.015.

Todo balasto debe tener marcado, además de las características eléctricas, el t_w (temperatura máxima de funcionamiento), t (incremento de temperatura), t_a (temperatura máxima de ambiente) y λ (factor de potencia).

Además pueden llevar impresas las marcas de conformidad de diferentes organismos de homologación.



AENOR-ESPAÑA



ALEMANIA



IMQ-ITALIA



IRAM-ARGENTINA



SLOVAKIA



CENELEC-AENOR

En arrancadores:

- Prescripciones generales y de seguridad. EN-60.926.
- Prescripciones de funcionamiento. EN-60.927.
- Para lámparas de vapor de sodio alta presión. EN-60.662.
- Para lámparas de halogenuros metálicos. EN-61.167

En condensadores:

- Características técnicas. EN-60252 (CEI 252).

Así mismo, el equipo auxiliar en su conjunto o cada componente debe cumplir:

Directiva comunitaria de aparatos eléctricos y electrónicos, es obligatorio el marcado "CE" (Conformidad Europea), y representa el cumplimiento de Directiva de Baja Tensión (LV) 73/23/EEC (obligatoria desde 1-1-97), y aplicable a todos los aparatos eléctricos de tensión nominal de 50 a 1.000 V. en corriente alterna y 75 a 1.500 V. en corriente continua.

Directiva de Compatibilidad Electromagnética (EMC) 89/366/EEC (obligatoria desde 1-1-96), y aplicable a todos los aparatos eléctricos y electrónicos que pueden generar radiointerferencias o verse afectadas por perturbaciones generadas por otros aparatos de su entorno.

El equipo auxiliar cumplirá con la legislación vigente. Este cumplimiento se garantiza utilizando componentes homologados. También se pondrá especial cuidado en el sistema de montaje, de forma que no existan ni ruidos ni vibraciones que impidan el desarrollo normal de la actividad.

Para equipos auxiliares de otros tipos de lámparas (halógenas de bajo voltaje, etc.), se utilizarán de bajas pérdidas homologados, asegurando el cumplimiento de la legislación vigente.

6.4.- Tipos de luminarias recomendadas

Las luminarias a utilizar en los hospitales y centros de asistencia primaria se pueden analizar por características de montaje, eléctricas o por condiciones operativas, pero siempre cumpliendo lo establecido en la Norma UNE-EN 60598, que define como luminaria al aparato de alumbrado que reparte, filtra o transforma la luz emitida por una o varias lámparas y que comprende todos los dispositivos necesarios para el soporte, la fijación y la protección de lámparas, (excluyendo las propias lámparas) y, en caso necesario, los circuitos auxiliares en combinación con los medios de conexión con la red de alimentación.

Para las luminarias a instalar en cada zona se considerarán los aspectos siguientes:

1. Distribución fotométrica de la luminaria.
2. Rendimiento de la luminaria.
3. Sistema de montaje al techo, pared, etc.
4. Grado de protección (IP XXX):
 - 1ª cifra: grado de estanqueidad al polvo o partículas sólidas.
 - 2ª cifra: grado de estanqueidad a los líquidos.
 - 3ª cifra: determina la resistencia al impacto.
5. Clase eléctrica
6. Cumplimiento de la normativa que les aplica

6.4.1 Distribución fotométrica de la luminaria.

La forma de la distribución de luz de una luminaria depende del tipo de fuente de luz y del componente óptico que incorpore: celosía, reflectores, lentes, diafragmas, pantallas, etc. En la siguiente tabla se da una recomendación del tipo de aplicación para cada tipo de distribución.

Tipo de distribución	Aplicación
Difusa	<input type="checkbox"/> Iluminación general y decorativa
Extensiva	<input type="checkbox"/> Iluminación general
Intensiva	<input type="checkbox"/> Iluminación general para grandes alturas
Asimétrica	<input type="checkbox"/> Iluminación perimetral
Intensiva orientable	<input type="checkbox"/> Iluminación de acento y decorativa

En coordinación con el tipo de distribución de luz, se tienen que analizar las características de deslumbramiento de la luminaria, según los diagramas de curvas límites de luminancias y las clases de deslumbramiento (ver punto 5.2).

Dependiendo con que tipo de distribución de haz se ilumine un objeto, se obtienen resultados drásticamente distintos. En un objeto con textura, la luz dirigida resaltarán sus formas, y la luz difusa las disimulará. En algunos casos es recomendable que las sombras no sean demasiado marcadas, ya que endurece las formas.

Desde el punto de vista fotométrico la luminaria será la adecuada para el tipo de actividad a desarrollar. De acuerdo a la clasificación C.I.E. de porcentaje de flujo en el hemisferio superior e inferior de la horizontal, tenemos las siguientes clases de luminarias:

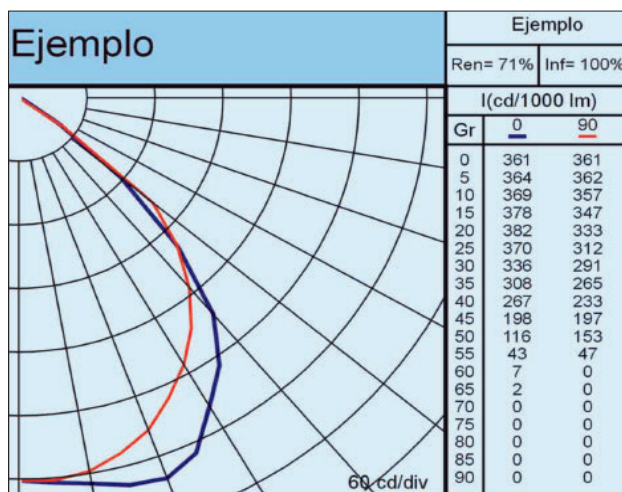
- Directa: Hemisferio superior del 0 ÷ 10 %, hemisferio inferior 90 ÷ 100 %.

- Semi - directa: Hemisferio superior del 10 ÷ 40 %, hemisferio inferior 60 ÷ 90 %.
- Directa - indirecta / general difusa: Hemisferio superior del 40 ÷ 60 %, hemisferio inferior 40 ÷ 60 %.
- Semi - indirecta: Hemisferio superior del 60 ÷ 90 %, hemisferio inferior 10 ÷ 40 %.
- Indirecta: Hemisferio superior del 90 ÷ 100 %, hemisferio inferior 0 ÷ 10 %.



6.4.2 Rendimiento de la luminaria

El criterio fundamental será seleccionar aquel modelo de luminaria que tenga el mayor rendimiento, para la distribución fotométrica deseada. Esta información se obtiene de los diagramas polares de distribución de intensidades luminosas que aportan los fabricantes.



6.4.3 Sistemas de montaje

Por las características de montaje que se presentan en los edificios de hospitales y centros de asistencia primaria, se pueden utilizar las siguientes luminarias:

- Empotradas.
- Suspendidas.
- Adosadas a techo
- Adosadas a pared
- De carril
- De pie
- De sobremesa

En las zonas exteriores destinadas a accesos se utilizarán luminarias de tipo viario, decorativo o de proyección.

6.4.4 Grado de protección (IP XXX)

Las luminarias de alumbrado general en habitaciones, sala de espera, pasillos, vestíbulos etc., no necesitan de un grado de estanquidad elevado, al tratarse de luminarias abiertas. Solamente las luminarias destinadas a instalaciones específicas, tales como quirófanos, laboratorios, UCI's, dispensarios de farmacias y cocinas, exigirán un grado de estanquidad determinado, por ejemplo IP54 .

6.4.5 Clase eléctrica

Se utilizarán luminarias como mínimo de clase I, según EN 60598.

6.4.6 Cumplimiento de la normativa que les aplica

Por las condiciones operativas, las luminarias cumplirán lo demandado por la legislación vigente para cada dependencia.

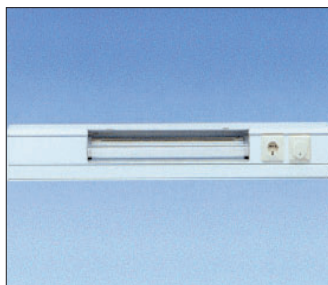
6.4.7 Tipos de luminarias disponibles.

Para cumplir con los tan variados requerimientos técnicos y estéticos de la iluminación de los recintos hospitalarios, existe hoy en día un amplio espectro de tipos de luminarias disponibles. Se van a reseñar los tipos más interesante para las áreas más comunes. Las luminarias más especializadas, como pueden ser las de iluminación de la mesa de operaciones, proyectores de sumergibles y otras, no serán mostrados en esta sección.

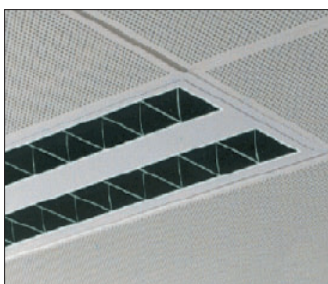
1. Luminarias suspendidas directas e indirectas con celosías especulares y lámparas fluorescentes lineales o compactas. Iluminación general de salas con pantallas de ordenador o televisión.



2. Unidades de cabecero de cama con luz directa e indirecta y lámparas fluorescentes lineales o compactas. Incorporan otros tipos de servicios. Para las unidades de hospitalización.



3. Luminarias de empotrar con celosías especulares y lámparas fluorescentes lineales o compactas. Iluminación de salas con pantallas de ordenador o televisión, como salas de tratamientos y reconocimientos, y áreas administrativas y de admisión.



4. Sistemas tubulares con lámparas fluorescentes lineales. Para la iluminación de zonas de entrada e información.



5. Bañadores empotrados de pared con lámparas fluorescentes compactas. Iluminación de paneles informativos, oficinas y pasillos.



6. Regletas adosadas o suspendidas, o en carril, para lámparas fluorescentes lineales, y con reflector y celosía para limitar el deslumbramiento. Almacenes, salas de máquinas, áreas de servicios técnicos y lavanderías.



7. Luminarias estancas para lámparas fluorescentes lineales con alto grado de protección. Iluminación de almacenes, cocinas y lavanderías.



8. Luminarias de empotrar con grado de protección, cierre prismático y lámparas fluorescentes lineales o compactas. Iluminación de laboratorios farmacéuticos, dispensarios, etc.



9. Luminarias de emergencia y señalización con lámparas fluorescentes compactas y baterías.



10. Luminarias para ambientes estériles con alto grado de protección, IP 65, resistentes a los ataques químicos y equipadas con lámparas fluorescentes. Para laboratorios y quirófanos.



11. Downlights de empotrar para lámparas fluorescentes compactas o de descarga de halogenuros metálicos. Para zonas representativas como áreas de entrada, cafeterías, zonas de admisión y habitaciones de pacientes.



12. Proyectores para lámparas halógenas de bajo voltaje, lámparas cerámicas de descarga de halogenuros metálicos y lámparas fluorescentes compactas. Para iluminación localizada y decorativa.



13. Apliques indirectos de pared para lámparas fluorescentes compactas, halógenas y de descarga de halogenuros metálicos. Para iluminación de pasillos y habitaciones de enfermos.



14. Luminarias de mesa con lámparas halógenas de bajo voltaje. Para iluminación localizada en las habitaciones de enfermos y en despachos de representación.



15. Luminarias para la iluminación de accesos exteriores con lámparas fluorescentes compactas.



16. Luminarias decorativas de exterior para balizamiento y decoración de zonas ajardinadas y aparcamientos. Para lámparas fluorescentes compactas.



6.5.- Tipos de sistemas de regulación y control

Se distinguen 4 tipos fundamentales:

- Regulación de la iluminación artificial según aporte de luz natural por ventanas, cristaleras, lucernarios o claraboyas.
- Control del encendido y apagado según presencia en la sala.
- Regulación y control bajo demanda del usuario por pulsador, potenciómetro o mando a distancia.
- Regulación y control por un sistema centralizado de gestión.

En el capítulo 9 se detallan las ventajas y aplicaciones recomendadas de los sistemas de regulación y control.

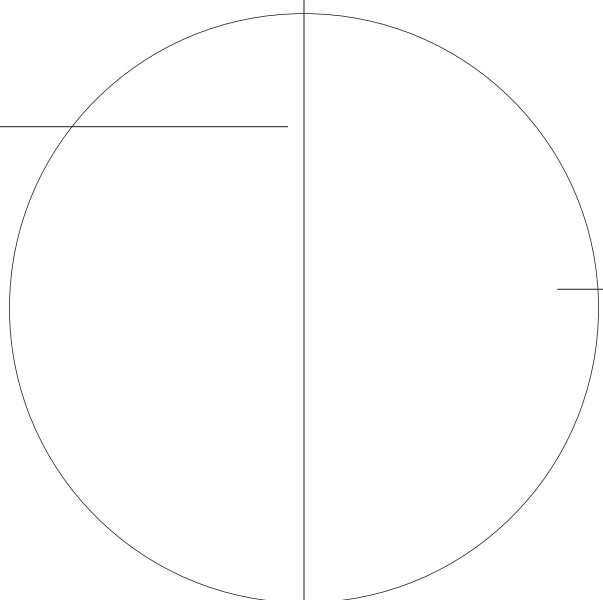
6.6.- Tratamiento de iluminación decorativa

En los centros hospitalarios la componente de la iluminación decorativa tiene poca relevancia respecto al volumen de todo el conjunto.

Los espacios que son susceptibles de una iluminación de este tipo, normalmente quedarán limitados a :

- Vestíbulo
- Cafeterías
- Hall
- Salones de actos
- Despachos
- Áreas de información.
- Habitaciones donde se requiera crear un ambiente más agradable.





7

Parámetros de iluminación recomendados



7. Parámetros de iluminación recomendados

7.1.- Iluminación de unidades de hospitalización o habitaciones de los pacientes

Los pacientes de los hospitales pasan la mayor parte de su tiempo en sus unidades o habitaciones de hospitalización. Así el aspecto estético y el psicológico de éstas tienen mucha importancia. La recuperación es más rápida cuando este entorno es más agradable y confortable. Los diseños de las luminarias para estas estancias, así como el diseño de los proyectos están teniendo cada vez más en cuenta estos aspectos tan fundamentales.

Por otro lado, las habitaciones también son espacios de trabajo para los facultativos, y necesitan equipos técnicos que deben estar integrados en la instalación, y los parámetros de iluminación adecuados para desarrollar su trabajo.

Son cuatro los factores que determinan el confort de los pacientes:

1. Las luminancias de las paredes y techo.

Éstas deberían ser al menos de 30 cd/m^2 para crear un ambiente luminoso y espacioso. Esto se consigue con 200 lux para la mayoría de las superficies. Se debe prestar especial atención a la luminancia del techo, debido a que los pacientes miran normalmente a él.

2. La apariencia de las luminarias.

Esta ayuda a crear ese ambiente casi hogareño que contribuye al bienestar del paciente.

3. Presencia de objetos brillantes en el campo de visión.

La presencia de luminarias con fuentes de luz no apantalladas aumenta la fatiga visual y el estrés. Como límite el paciente no debe estar expuesto a luminancias mayores a 750 cd/m^2 .

La iluminación directa causa deslumbramiento directo al paciente y una falta de confort por el elevado contraste entre las paredes y el techo, sin embargo, la iluminación indirecta evita el deslumbramiento al paciente y crea contrastes más confortables.

4. Control por el paciente de la iluminación de su cama. La iluminación de cabecero de cama para lectura debe ser regulable de forma accesible para el paciente. Un mínimo de 300 lux es recomendado para lectura.



Son dos los factores principales referentes a la iluminación adecuada para los facultativos.

1. Iluminación adicional para el reconocimiento y tratamiento.

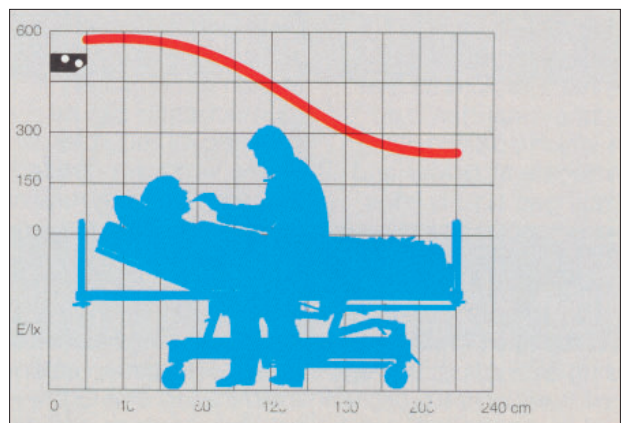
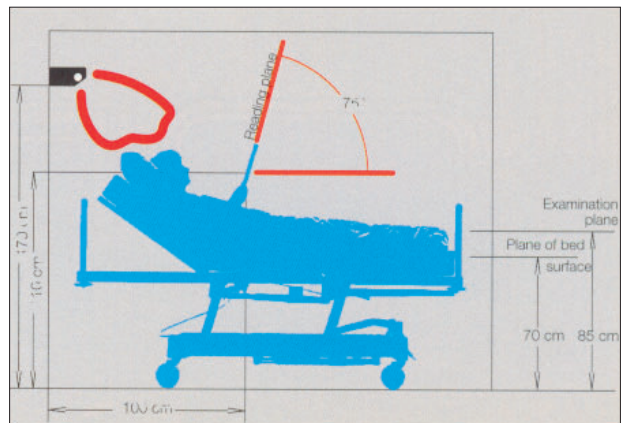
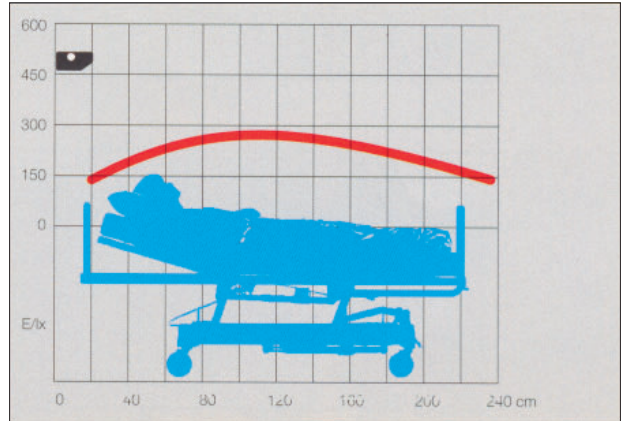
Puede ser provista por las luminarias de cabecero de cama o por luminarias portátiles. Un mínimo de 1000 lux es recomendado por la EN 12464. (Otras normas son menos exigentes como la DIN 5035 que exige sólo 300 lux).

2. Iluminación de vigilia durante la noche.

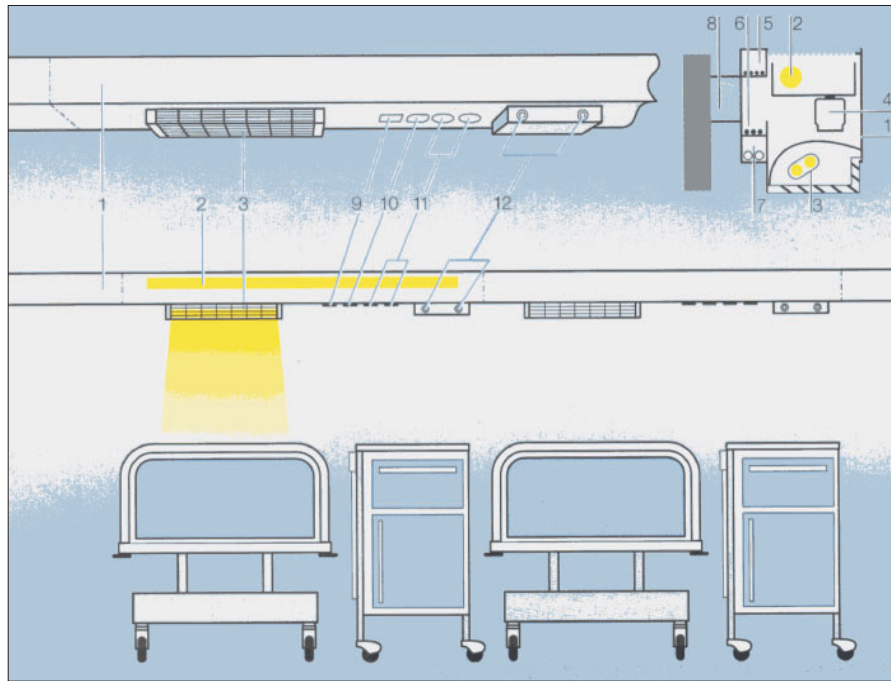
Debe garantizar el movimiento de los facultativo durante la noche y el mantenimiento del paciente en observación. Se recomienda un nivel de 5 lux en la habitación. Se recomienda utilizar luminarias individuales empotradas en las paredes a baja altura y equipadas con lámparas fluorescentes compactas, y con fotometrías extensivas.



El sistema de iluminación más extendido y que cumple con los requisitos anteriormente expuestos es el cabecero de cama. Estas luminarias, montadas en la pared sobre el cabecero de las camas, consisten en un sistema con iluminación indirecta y directa sobre la cama, y usualmente integran otros servicios. En el siguiente gráfico se observa como con la iluminación indirecta y directa se obtienen los niveles necesarios para iluminación general, de lectura y de reconocimiento.



Las luminarias cabeceros de cama son luminarias que, normalmente, al integrar otro tipo de servicios, tienen una complejidad técnica mayor, como se explica en el siguiente gráfico. Están reguladas por la norma EN 793 "Requerimiento de seguridad para los equipos médicos".

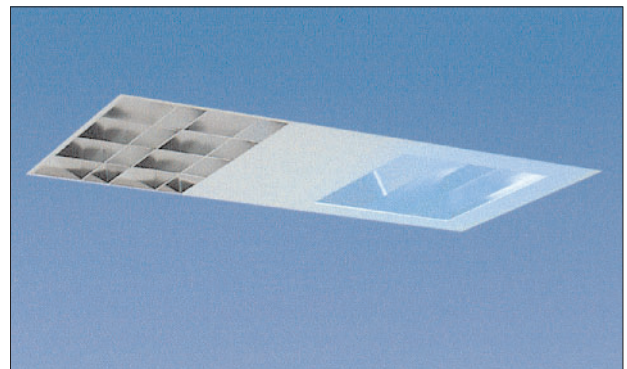


- | | |
|---|--|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Cuerpo o canal de la luminaria. 2. Iluminación indirecta con lámpara fluorescente lineal o compacta, reflector y cobertura prismática. 3. Iluminación para lectura con lámpara fluorescente lineal o compacta, reflector, celosía de apantallamiento y cobertura transparente de acrílico o cristal. 4. Equipos de control de las lámparas 5. Canal para los cables de alimentación. 6. Canal para los cable de baja tensión. 7. Canal para las tuberías de gases medicinales. | <ol style="list-style-type: none"> 8. Dispositivo de anclaje a pared. 9. Enchufe para baja tensión. 10. Toma de datos y voz. 11. Enchufe para 220 V. 12. Tomas de aire comprimido y oxígeno. <p>Otros elementos a incorporar:</p> <ol style="list-style-type: none"> 13. Interruptor de llamada a enfermera. 14. Tomas para radio y TV. 15. Interruptores y reguladores de la iluminación. |
|---|--|

La incorporación de un sistema de regulación de la iluminación para el enfermo aporta mayor confort, y ahorro de energía. Si hay aporte de luz natural, es recomendable instalar un sistema de regulación dependiente de este aporte de luz natural.



Cabe mencionar un nuevo sistema de iluminación, como alternativa al cabecero de cama. Este sistema consiste en una luminaria de empotrar en el techo encima de cada cama que proporcionan los niveles de iluminancia necesarios, el control del deslumbramiento para el enfermo, y una mayor eficiencia energética. Se recomienda utilizarla con regulación.



Este tipo de luminarias constan de tres sistemas ópticos diferentes:

- Iluminación de ambiente. Un reflector asimétrico dirige la luz hacia la pared, que a su vez la refleja y suaviza, quedando la lámpara totalmente oculta para el paciente. Aporta un nivel de 80 lux en la habitación. Proporciona la iluminación adecuada para el descanso o la vigilancia. Disponible con regulación.
- Iluminación de lectura. Otro reflector asimétrico dirige la luz hacia el plano de lectura, quedando la lámpara totalmente oculta para el paciente, proporcionando 400 lux en este área. Uniendo

la iluminación de ambiente y de lectura se obtienen 200 lux de media en la habitación, manteniendo un alto nivel de confort visual. Disponible con regulación.

- Iluminación de reconocimiento. Un sistema óptico equipado con dos lámparas fluorescentes compactas aporta más de 800 lux en toda la superficie de la cama, que unido a las dos sistemas anteriores aportan un mínimo de 1.000 lux para facilitar las labores de inspección y reconocimiento.

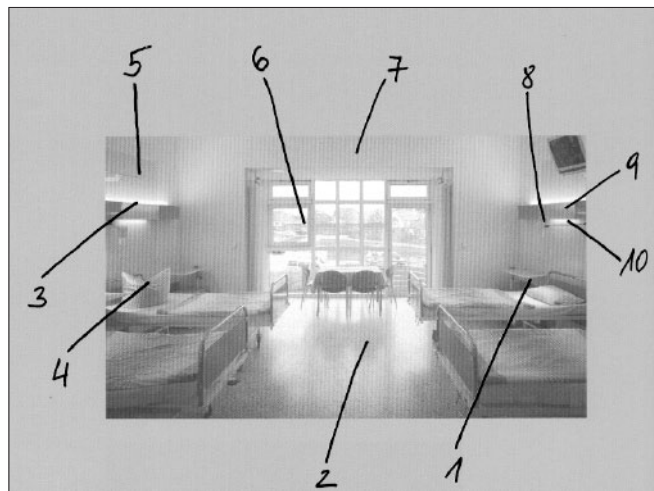
Los parámetros de iluminación recomendados son los siguientes:

PARÁMETROS RECOMENDADOS PARA LAS HABITACIONES

Tipo de estancia o actividad	Tipo de iluminación o actividad	Iluminancia media Em (lux)	Tono de luz	Grupo de rendimiento de color	Clase de calidad al deslumbramiento directo
Zona de la cama	Iluminación general	100	Cálido	1B	A
	Iluminación de lectura	300	Cálido	1B	A
	Iluminación de reconocimiento	800-1000	Cálido	1B	D
	Iluminación de vigilancia	5	Cálido	1B	B
	Iluminación nocturna		Cálido	1B	B
Servicios	Servicios	200	Neutro	2A	C

Los puntos de principal atención en la iluminación de las unidades o habitaciones de hospitalización son los siguientes:

1. 300 lux en plano de lectura.
2. Al menos 100 lux en suelo
3. Estética atractiva y/o doméstica de luminarias.
4. Fuentes de luz con temperaturas de color cálidas.
5. Iluminación indirecta de paredes y techo para evitar contrastes con la luz natural.

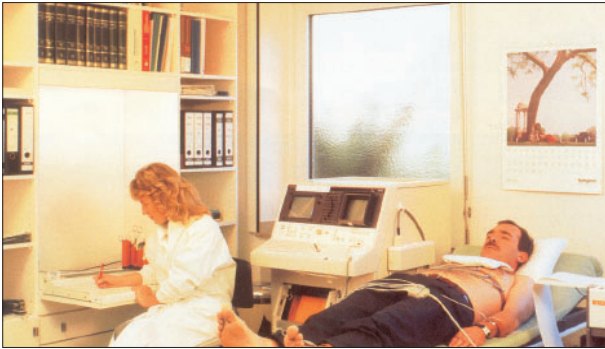


6. Luz natural y su aprovechamiento con sistemas de regulación.
7. Nunca lámparas desnudas en techo.
8. Control del deslumbramiento directo para cada caso de las luminarias.
9. Rendimientos de color de las lámparas 1 A o 1 B.
10. Fácil control, (o regulación), de la luz de lectura.

7.2.- Iluminación de salas de reconocimiento y tratamiento

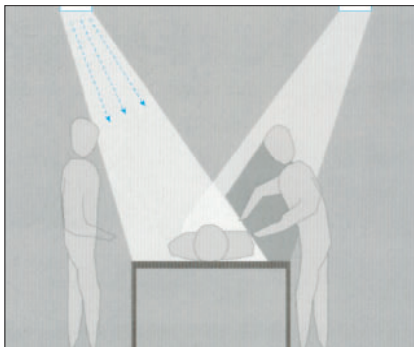
En este tipo de salas los requisitos del paciente son secundarios, lo que hay que primar es la tarea de los facultativos.

El primer requisito que debe cumplir el sistema de iluminación hace referencia a la estanqueidad de las luminarias para evitar posibles contaminaciones de la sala, y su facilidad de mantenimiento.



Los requerimientos principales para la tarea visual son tres:

1. Nivel de iluminancia adecuado.
 2. Evitar sombras.
 3. Alto nivel de reproducción cromática de las fuentes de luz.
1. El nivel de iluminancia depende de los requisitos de la tarea visual, y por tanto del tratamiento. Si la misma sala se puede usar para diferentes tratamientos o reconocimientos, es necesario instalar un sistema de control de la iluminación con gran facilidad. Por defecto, este sistema debe situarse en el nivel más alto, para evitar problemas por un uso inadecuado.
 2. Evitar las sombras garantiza que el facultativo no pierda detalle visual. Una sola línea de luminarias puede provocar sombras del propio médico, dos líneas de luminarias reducen la dureza de las sombras.
 3. Un alto nivel de reproducción cromática es imprescindible en tareas como la dermatología, o la oftalmología. Una elección inadecuada de las lámparas puede causar un fallo en un diagnóstico o en un tratamiento.



Especial atención hay que tener en salas donde haya pantallas de televisión o de ordenador. Los reflejos deben ser evitados utilizando luz localizada o luminarias de baja luminancia.



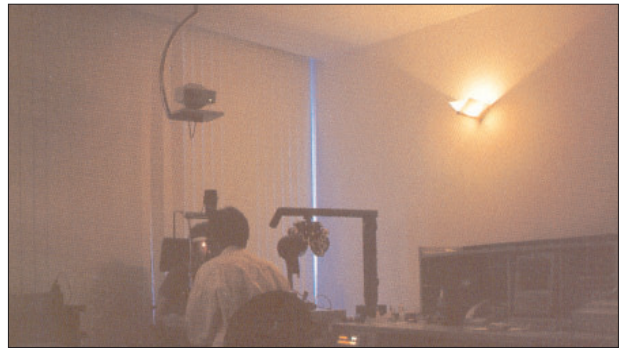
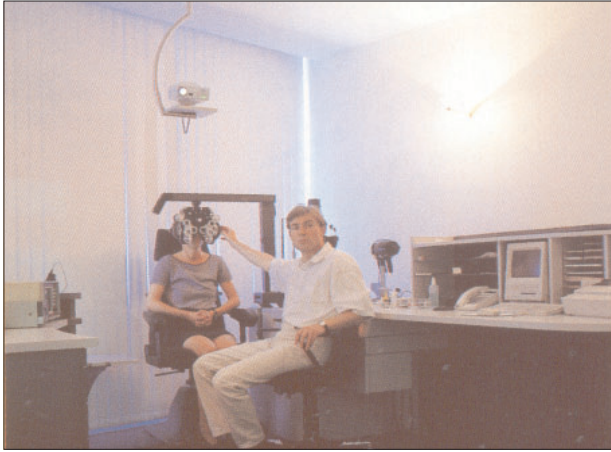
Es posible crear atmósferas más agradables, aún dentro de la fría funcionalidad de estas salas, creando copeados de luz en las paredes con el uso de downlights empotrados.

Hay ciertos tratamiento o tareas de reconocimiento, (oftalmología, endoscopia, radiología, dermatología, etc.), que exigen niveles de iluminancia muy altos y/o variables. Éstos se consiguen con luminarias portátiles para iluminación localizada equipadas con lámparas fluorescentes compactas, equipos electrónico y regulación, con el control incorporado en la propia luminaria.



En muchos tipo de reconocimientos, las exiencias de diferentes niveles de iluminancia puede ir desde 5 a 1000 lux., es el caso por ejemplo de la oftalmología. Los modernos sistemas de control hacen posible que estos requisitos sean hoy día totalmente posibles y muy fáciles de usar.

Otros aspecto trascendental es el tono de la luz de las lámparas, como norma general los tonos de luz día y blanco neutro son los recomendados. Hay tareas específicas donde las normas correspondientes marcan de forma muy concreta la temperatura de color de las fuentes de luz. Para odontología, color azul, y para quirófanos, color amarillo.



Los parámetros de iluminación recomendados son los siguientes:

Parámetros recomendados para salas de reconocimiento y tratamiento

Tipo de estancia	Tipo de iluminación o actividad	Iluminancia media Em (lux)	Tono de luz	Grupo de rendimiento de color	Clase de calidad al deslumbramiento directo
Salas de tratamiento y reconocimiento en general	Iluminación general	500	Cálido, Neutro	1B	A
	Luz de reconocimiento	>1000	Cálido, Neutro	1B	A
Endoscopia	Preparación	500	Cálido, Neutro	1B	A
	Urología	50	Cálido, Neutro	1B	A
	Rectoscopia	50	Cálido, Neutro	1B	A
	Ginecología	50	Cálido, Neutro	1B	A
Oftalmología	Iluminación general	500	Cálido, Neutro	1B	A
	Refractometría	50	Cálido, Neutro	1B	A
	Oftalmometría	50	Cálido, Neutro	1B	A
	Perimetría	5	Cálido, Neutro	1B	A
	Ad optometría	5	Cálido, Neutro	1B	A
Radiología	Iluminación general	500	Cálido, Neutro	1B	A
	Trabajo con pantallas	20	Cálido, Neutro	1B	A
Odontología	Iluminación general	500	Frío	1A	A
	Iluminación de boca	>8000	Frío	1A	A
	Iluminación de alrededores	1000	Cálido, Neutro	1A	A
Dermatología	Iluminación general	500	Cálido, Neutro	1A	A

7.3.- Iluminación de quirófanos

Los momentos más críticos del trabajo de los facultativos se dan en los quirófanos, por lo que se tienen que garantizar las condiciones más óptimas para el desarrollo de esta tarea visual tan crítica.

Luminarias especiales para las mesas de operaciones son utilizadas para proveer niveles de iluminancia de hasta 100.000 lux. Para evitar problemas de adaptación visual, es recomendable establecer dos niveles de iluminación; uno de 2000 lux en los alrededores de la mesa de operaciones, y otro de unos 1000 lux en toda



la sala. Los 2000 lux de las cercanías de la mesa se pueden conseguir con dos líneas de luminarias asimétricas a ambos lados de la mesa.

La temperatura de color de las lámparas debe estar 4000 y 5000 K, y el nivel de reproducción cromática debe ser superior a 90, grupo 1 A.

Para prevenir una excesiva exposición de los tejidos del paciente al calor, la eficacia luminosa en el área iluminada no debe exceder de 170 lm/W para asegurar una irradiancia máxima de 600 W/m² para una iluminancia de 100.000 lux.

En el caso de fallo de una lámpara, la iluminancia no debería reducirse a más de un 50% de su valor nominal.

Requisitos detallados, procedimientos de medida, y definiciones pueden encontrarse en la DIN 5035 parte 3 y 6.

Las luminarias instaladas deben ser totalmente estancas con un IP de 65 mínimo. Las luminarias para iluminación general deben ser de baja luminancia para evitar reflejos en los monitores.

Las salas anexas a los quirófanos, como salas de recuperación, de anestesia, o de esterilización deben tener al menos 500 lux para evitar problemas de adaptación. El tono de luz y el nivel de reproducción cromática debe ser el mismo que en los quirófanos. En las salas de recuperación de la anestesia, se debe disponer de un sistema de regulación que permita adaptar al enfermo de forma paulatina desde el nivel del quirófano, a un nivel de reposo de 100 lux.

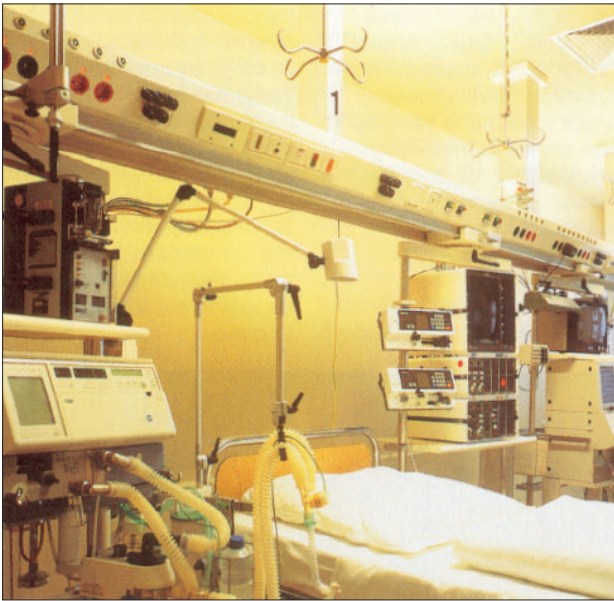
Los parámetros de iluminación recomendados son los que figuran en la siguiente tabla:

Parámetros recomendados para quirófanos					
Tipo de estancia	Tipo de iluminación o actividad	Iluminancia media Em (lux)	Tono de luz	Grupo de rendimiento de color	Clase de calidad al deslumbramiento directo
Quirófanos	Iluminación general	1000	Neutro	1A	A
	Iluminación zona operación	20000 a 100000	Neutro	1A	A
	Iluminación alrededores	2000	Neutro	1A	A
Salas anexas	Iluminación general	500	Neutro	1B	B
	Lavabos	500	Neutro	1B	C
	Salas de preparación	500	Neutro	1B	B
	Sala de instrumental	500	Neutro	1B	A
	Salas de esterilización	500	Neutro	1B	A
	Salas de recuperación	500	Neutro	1B	B

7.4.- Iluminación de unidades de cuidados intensivos, UCI's

En estos recintos, de nuevo, la máxima prioridad debe ser optimizar el trabajo de los facultativos. Se pueden establecer tres zonas diferentes:

1. Iluminación general de confort en toda la sala de 100 lux.
2. En la zona de cama, se recomienda 300 lux para examinar al paciente en condiciones normales. Este nivel debe poder incrementarse hasta 1000 lux para exámenes más rigurosos incluyendo iluminación localizada.



3. Para situaciones de emergencia, se requieren al menos 2000 lux en la superficie de la cama, que se pueden conseguir con iluminación adicional localizada o mediante una iluminación general supletoria a utilizar en casos de emergencia.



El tono de las fuentes de luz debe ser neutro y la reproducción cromática del grupo 1 B. De nuevo deben evitarse los reflejos en monitores y mamparas de vidrio.

Los parámetros de iluminación recomendados son los que figuran en la siguiente tabla:

Parámetros recomendados para la UCI's

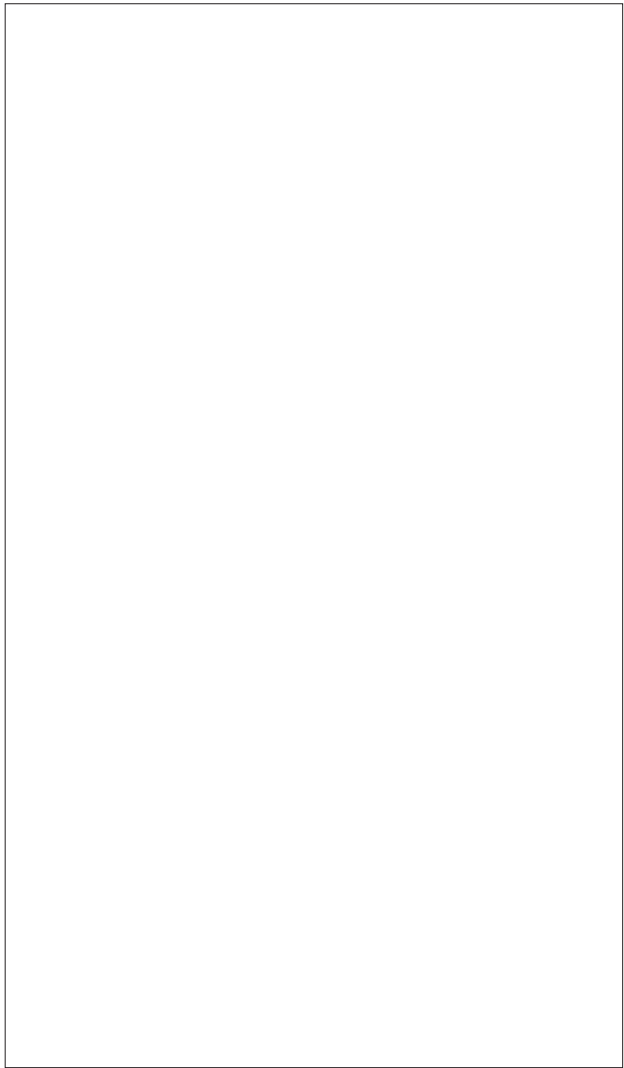
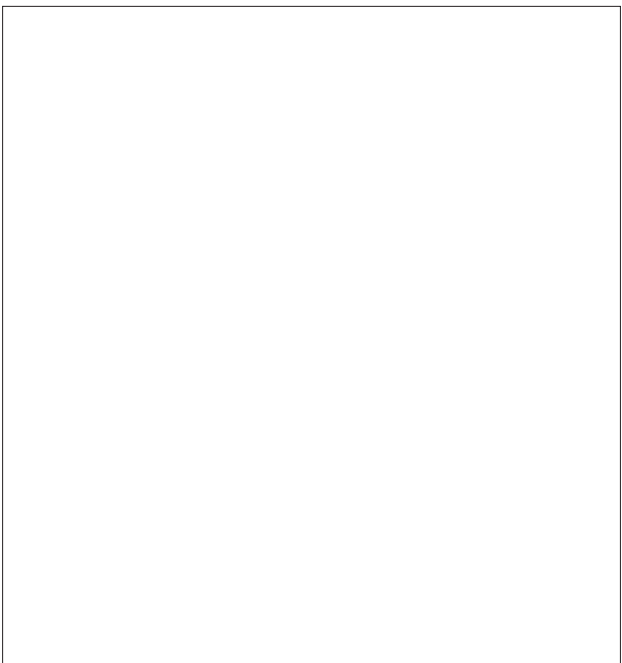
Tipo de estancia	Tipo de iluminación o actividad	Iluminancia media Em (lux)	Tono de luz	Grupo de rendimiento de color	Clase de calidad al deslumbramiento directo
Salas de cuidados intensivos	Iluminación general	100	Cálido, Neutro	1B	A
	Iluminación cama	300	Cálido, Neutro	1B	A
	Iluminación de reconocimiento	1000	Cálido, Neutro	1B	B
	Iluminación de reconocimiento para emergencias	2000	Cálido, Neutro	1B	B
	Iluminación de vigilancia	20	Cálido, Neutro	1B	A
Salas de diálisis	Iluminación general	100	Cálido	1B	A
	Iluminación cama	500	Cálido	1B	A

7.5.- Iluminación de salas de rehabilitación y terapia

Una buena iluminación de estos recintos contribuye a una mayor motivación y ayuda para que los pacientes realicen sus ejercicios de rehabilitación.

Un nivel medio de 300 lux , con tonos neutros y rendimientos de color del grupo 1 B son recomendados para estos recintos. Cuando las habitaciones no tengan ventanas, el tono se recomienda blanco cálido. La lámpara ideal por su economía es la lámpara fluorescente.

Para piscinas, las luminarias deben estar alimentadas a baja tensión y con el índice de protección adecuado. Hay que tener cuidado con el posible deslumbramiento causado por estas luminarias que pueden distraer la atención del nadador.



Los parámetros de iluminación recomendados son los siguientes:

Parámetros recomendados para la salas de rehabilitación y terapia					
Tipo estancia	Tipo de iluminación o actividad	Iluminancia media Em (lux)	Tono de luz	Grupo de rendimiento de color	Clase de calidad al deslumbramiento directo
Salas de terapia	Iluminación general	300	Cálido, Neutro	1B	B
Baños medicinales, fisioterapia y masaje		100	Cálido, Neutro	1B	D

7.6.- Iluminación de áreas de servicios

Los servicios de un hospital a veces son como pequeñas ciudades, tan escondidos en los sótanos o primeras plantas, y por tanto con escaso aporte de luz natural, como vitales para el funcionamiento del centro. Las soluciones de iluminación deben cumplir con las recomendaciones para este tipo de espacios.

Laboratorios y dispensarios requieren de un nivel de 500 lux y reproducción cromática del grupo 1B. Las estanterías deben estar bien iluminadas.



En cocinas y lavanderías es necesario un grado de protección en luminarias con IP 54, y un nivel mínimo de 200 lux.

En oficinas se requieren niveles de 500 lux, limitación del deslumbramiento con luminarias de baja luminancia para evitar los reflejos en las pantallas de los ordenadores, tono neutros y reproducciones cromáticas del grupo 1B.

Los parámetros de iluminación recomendados son los siguientes:

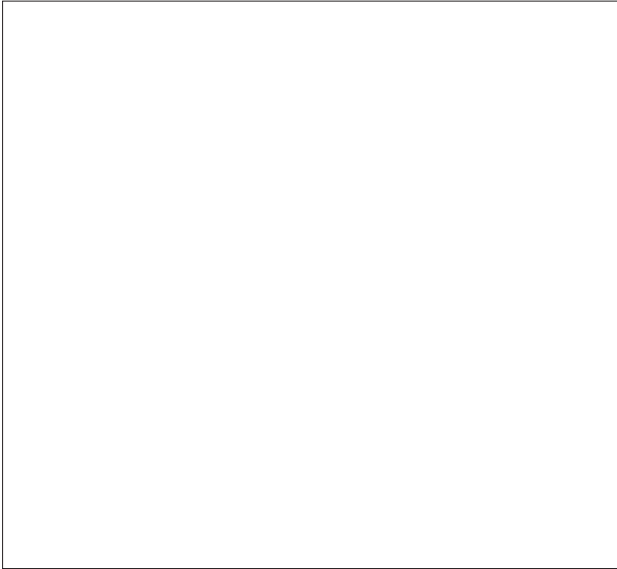


Parámetros recomendados para las áreas de servicio

Tipo estancia	Tipo de iluminación o actividad	Iluminancia media Em (lux)	Tono de luz	Grupo de rendimiento de color	Clase de calidad al deslumbramiento directo
Laboratorios y dispensarios	Iluminación general	500	Cálido, Neutro	1B	B
	Con comprobación de colores	1000	Frío	1A	A
Pasillos y escaleras	Áreas de camas	De noche 50 Día 200	Cálido, Neutro	2A	C
	Zona de quirófanos	De noche 100 Día 300	Neutro	2A	B
Oficinas	Iluminación general	500	Neutro	1B	A

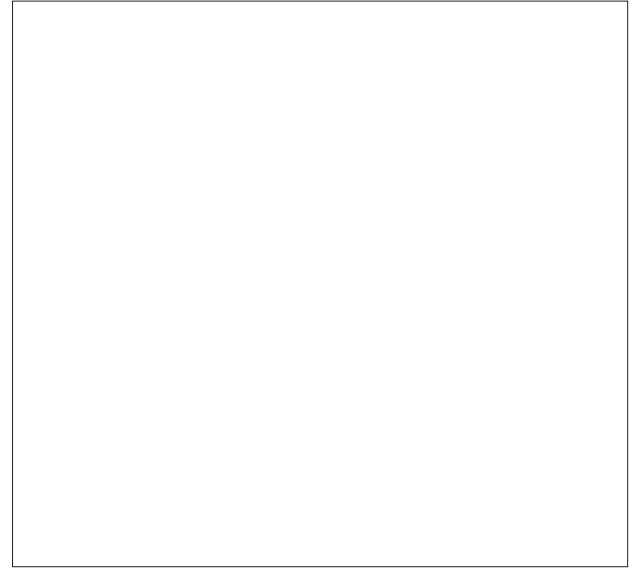
7.7.- Iluminación de servicios de urgencias

El principal factor a tener en cuenta debe ser facilitar la adaptación visual del personal de urgencias entre el exterior y la entrada al edificio. La zona exterior debe estar provista con 50 lux y se debe establecer una adaptación gradual hasta los 200 lux de las zonas de entrada.



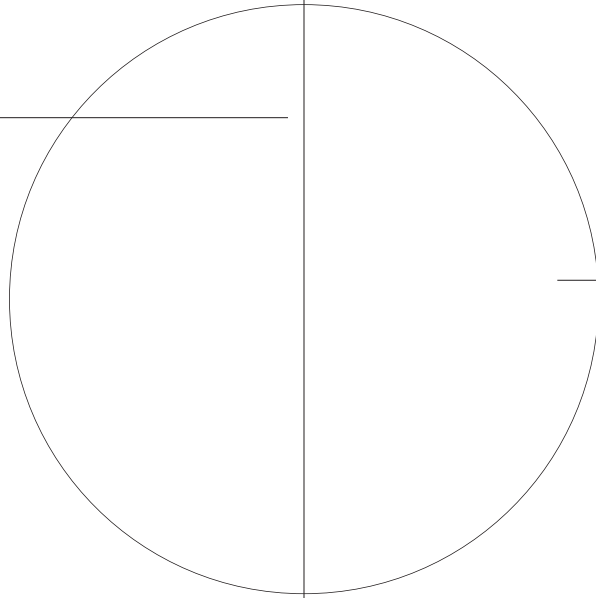
7.8.- Iluminación de accesos exteriores

Las rutas de acceso, los aparcamientos, y las paseos circundantes al edificio deben estar iluminados para la seguridad de los trabajadores del centro y de los visitantes. Deben utilizarse luminarias de alumbrado público equipadas con lámparas fluorescentes compactas o lámparas de descarga de vapor de mercurio.



Los parámetros de iluminación recomendados son los siguientes:

Parámetros recomendados para accesos exteriores					
Tipo de área	Notas	Iluminancia media Em (lux)	Tono de luz	Grupo de rendimiento de color	Clase de calidad al deslumbramiento directo
Zonas peatonales	No menos que 1 Lux	5	Cálido	2A	D
Jardines	Iluminancia semicilíndrica > 1 Lux	>1	Cálido	2A	E
Aparcamientos	Iluminancia semicilíndrica > 1 Lux	7	Cálido	2A	D



8

índices de eficiencia de los sistemas de iluminación



8. índices de eficiencia de los sistemas de iluminación

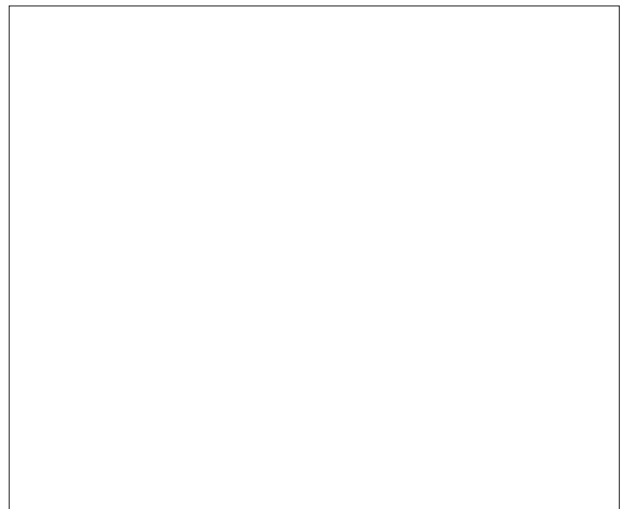
8.1.- Índice de eficacia de lámparas recomendado

Exceptuando los casos de iluminación decorativa (en vestíbulos, despachos cafeterías, etc.) y aquellos casos específicos que requieren lámparas concretas, las distintas iluminaciones se realizarán con lámparas de eficacia luminosa igual o superior a 60 lm / W.

8.2.- Índice de rendimiento de luminarias recomendado

Aparte de los casos mencionados en el apartado anterior y aquellos que precisen luminarias determinadas, en las que el rendimiento lumínico queda en segundo plano, en favor de determinadas aplicaciones (odontología, quirófanos, exploración, etc.), el rendimiento mínimo de las luminarias será de:

Tipo de luminaria	Rendimiento mínimo
Abierta	60%
Cerrada	50%



Las luminarias de alumbrado exterior tipo proyección su rendimiento total será 60%, las de alumbrado decorativo 55% y las de tipo viario 65%.

8.3.- Índice de consumo propio de equipos recomendado

El consumo de los equipos auxiliares (balasto, arrancador, condensador) no debe superar los porcentajes siguientes:

Lámparas fluorescentes	Tabla consumos máximos del Capítulo 6
Lámparas de descarga <150 W	10%
Lámparas de descarga >150 W	15%
Coseno ϕ del conjunto	> 0,9

8.4.- Factores de reflexión recomendados

El medio hospitalario, de por sí, exige colores claros y cálidos, con el objeto de elevar el ánimo de los pacientes y de sus familiares, facilitar la labor del personal sanitario y facilitar la limpieza y la higiene. En general, puede aceptarse una amplia gama de colores y acabados, siempre y cuando no molesten las tareas visuales en los distintos espacios. Se pueden considerar los siguientes valores de reflexión:

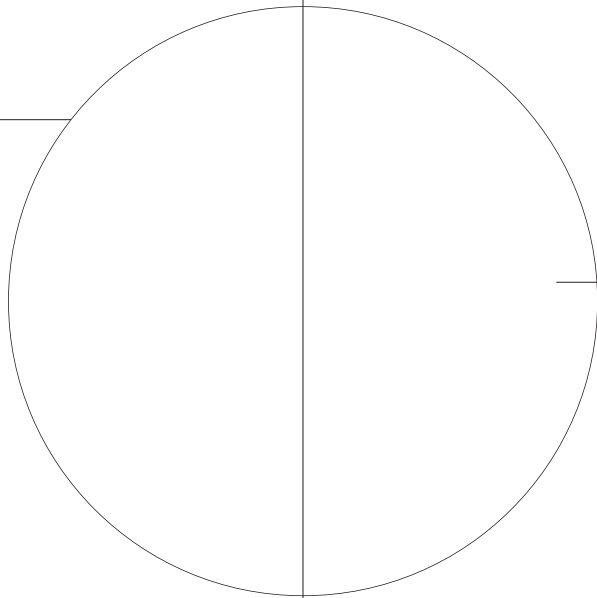
Superficie	Valores de Reflexión
Techos	> 0,75
Paredes	0,6 - 0,8
Divisiones	0,5 - 0,7
Suelos	0,2 - 0,4
Mobiliario y equipo	0,4 - 0,6
Cortinas y/o persianas	0,5 - 0,7

8.5.- Coeficiente de utilización mínimo

Se considera coeficiente de utilización de una instalación de iluminación, al cociente entre el flujo luminoso que llega al plano de trabajo y el emitido por la luminaria. Dicho coeficiente es por tanto, función de los índices de eficiencia de los sistemas de iluminación mencionados y de la distribución fotométrica de la luminaria utilizada.

No obstante, aunque es un parámetro muy importante desde el punto de vista de ahorro energético, debe tenerse en cuenta el medio en el que se está trabajando, y lo delicado de la mayoría de las actuaciones. Por ello, se estima que para iluminación general, el coeficiente de utilización resultante del sistema de iluminación seleccionado, deberá ser superior a 0,45, aunque se pueden aceptar otros valores para casos locales.





9

Criterios de eficiencia energética en la instalación, explotación, mantenimiento, control y gestión energética



9. Criterios de eficiencia energética en la instalación, explotación, mantenimiento, control y gestión energética

9.1.- Maniobra y selectividad de la instalación

Con el fin de lograr el mejor aprovechamiento de la energía consumida, la instalación de alumbrado se ha de proyectar de manera que se puedan realizar fácilmente encendidos parciales, ya sea para aprovechar la luz natural, o para ajustar los puntos de luz en funcionamiento a las necesidades del momento. Con este objeto resulta aconsejable el fraccionamiento de la maniobra de los distintos circuitos de un mismo local, mediante interruptores debidamente señalizados, es decir, desde el punto de vista de la eficiencia energética en la explotación de la instalación de iluminación, es fundamental la zonificación o parcialización de circuitos.

Hay que destacar en el aspecto de la selectividad de la instalación, la importancia de que las luminarias deberán estar conectadas a varios circuitos, separando las que se encuentran próximas a las ventanas, de tal manera que permita controlar el encendido de éstas de forma independiente del resto de luminarias.

9.2.- Sistemas de regulación y control

Según un estudio suizo, los hospitales son los edificios que más energía consumen. En estos momentos existe una demanda de ahorro de energía en todos los servicios, y más aún en iluminación, que consume entre un 20 y un 30% de todo el consumo de un hospital.

La implantación de sistemas de control reduce los costes energéticos y de mantenimiento de la instalación, e incrementa la flexibilidad del sistema de iluminación. Este control permite realizar encendidos selectivos y regulación de las luminarias durante diferentes períodos de actividad, o según el tipo de actividad cambiante a desarrollar.

Se distinguen 4 tipos fundamentales:

- 1- Regulación y control bajo demanda del usuario por interruptor manual, pulsador, potenciómetro o mando a distancia.
- 2- Regulación de la iluminación artificial según aporte de luz natural por ventanas, cristaleras, lucernarios o claraboyas.
- 3- Control del encendido y apagado según presencia en la sala.
- 4- Regulación y control por un sistema centralizado de gestión.

Estos sistemas apagan, encienden y regulan según detectores de movimiento y presencia, células de nivel por la luz natural o calendarios y horarios preestablecidos. La utilización de estas técnicas es muy aconsejable y supone ahorros en energía muy importantes de hasta el 65%, dependiendo del tipo de instalación.

Un control de alumbrado bien concebido, puede ahorrar energía en dos sentidos:

- Haciendo buen uso de la luz natural, para reducir los niveles de la luz artificial cuando sea posible
- Apagando el alumbrado artificial cuando el espacio a iluminar no esté ocupado

Algunos sistemas de control de la iluminación pueden parecer alienantes. Por ese motivo es esencial para los trabajadores, distinguir como y cuando deben actuar los citados sistemas.

Los empleados de los centros en los que se pretenda instalar un sistema de control, especialmente si son reformas de alumbrados ya existentes, deben ser previamente informados y hacerles partícipes de la iniciativa, para evitar rechazos que puedan derivar en problemas laborales, ya que algunos pueden sentirse coaccionados ante acciones de control.

Es aconsejable que cada circuito de una instalación disponga de un interruptor de encendido o apagado, con control superior al automático, para que pueda ser reactivado a voluntad del usuario si el sistema automático la ha dejado fuera de servicio.

1- Control de la iluminación artificial mediante interruptores manuales y temporizados.

Un simple interruptor manual es una poderosa herramienta para ahorrar energía. Los trabajadores pueden apagar el alumbrado durante su ausencia en una dependencia, horas de comidas, etc. Esto es raramente realizado en la práctica.

Cuando el primer ocupante de un local entra en él, la posibilidad de que encienda el alumbrado depende, principalmente, del nivel de luz natural existente en la sala. Sin embargo, el apagado del alumbrado no se produce hasta que el último ocupante del local lo haya abandonado.

Los interruptores deben estar perfectamente etiquetados, indicando sobre qué instalación o circuito actúa cada uno, y separados entre sí, para que el usuario no sienta la tentación de activar varios de ellos con un solo movimiento de la mano.

Las luminarias deben estar conectadas a varios circuitos, separando las que se encuentran próximas a las ventanas de aquellas situadas en el lado opuesto.

Como regla a seguir en estos casos, el número de interruptores manuales existentes para el control del alumbrado de local o sala, no debe ser menor a la raíz cuadrada del número de luminarias instaladas. Por ejemplo, en una sala con doce(12) luminarias, el número de interruptores manuales será, como mínimo, de cuatro(4).

El control de iluminación mediante interruptores temporizados es un sistema más radical que los manuales. Las lámparas son apagadas desde un panel central a la misma hora cada día, coincidiendo con los tiempos libres. Los usuarios son libres de reencender aquellas lámparas que consideren necesarias.

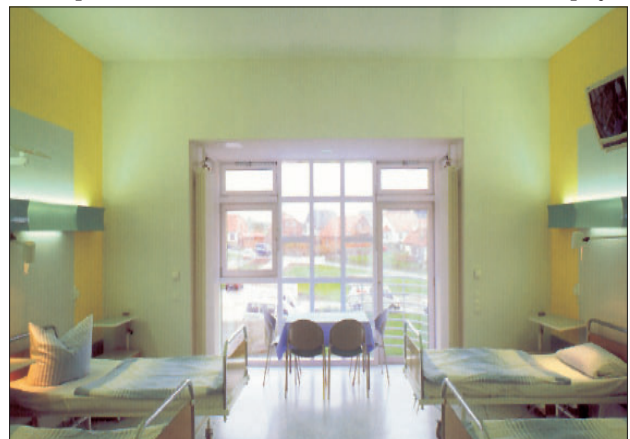
En cada caso, un interruptor de rango superior al temporizado, debe permitir reencender las lámparas que a criterio del usuario se consideren necesarias.

Interruptores temporizados independientes, pueden ser utilizados en aquellas dependencias donde la permanencia de personas sea o deba ser por un tiempo limitado. Por ejemplo, en los servicios.

2- Control de iluminación artificial mediante controladores de luz natural.

La luz natural puede aportar incrementos en la eficiencia del sistema de iluminación, en particular cuando se combinan con sistemas automáticos de regulación de luz artificial. Este aporte de luz natural debe ser propiciado en primera fase por la incorporación en la propia estructura del edificio, de elementos arquitectónicos como ventanas, lucernarios, claraboyas y paramentos verticales acristalados y, en segunda fase, con la realización de un proyecto de regulación de los sistemas de iluminación artificial acorde a la contribución de la luz natural.

Cuando existe aportación de luz natural en el interior, es importante eliminar las zonas oscuras con el apoyo



de luz artificial y que ésta tenga el mismo color que la luz natural.

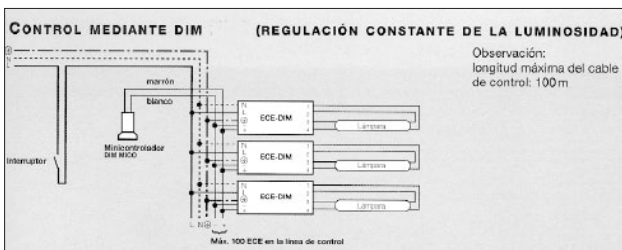
Cuando el nivel de luz natural sea excesivo se debe reducir con toldos, apantallamientos, cristales opales, o persianas.

Los sistemas basados en el control de la luz natural que penetra en un local, por medio de fotocélulas, consisten en un sensor de luz, colocado habitualmente en el techo, mide la cantidad de luz natural y ajusta automáticamente la aportación de luz artificial necesaria para la correcta realización de la tarea que se desarrolla en la sala.

Existen dos tipos de sistemas de regulación:

- Todo/Nada: La iluminación se enciende y apaga por debajo o por encima de un nivel de iluminación prefijado.
- Regulación progresiva: La iluminación se va ajustando progresivamente según el aporte de luz exterior hasta conseguir el nivel de luz prefijado.

La alternativa más adecuada es la de utilizar luminarias con balastos electrónicos de alta frecuencia regulables, que controlados por una fotocélula, hace variar la aportación de flujo luminoso emitido por las lámparas en función de la variación de la luz natural.



3- Control de iluminación artificial mediante detectores de presencia.

Los detectores de presencia responden a la ausencia de personas en la sala con el apagado del alumbrado artificial.

Existen cuatro tipos de detectores de presencia:

- Infrarojos
- Acústicos por ultrasonidos
- Acústicos por microondas
- Híbridos de los dos anteriores

Estos sistemas pueden originar el apagado de la instalación que controlan, si a pesar de la presencia de alguna persona en el interior, esta permanece durante un periodo de tiempo en actitud estática.

4- Regulación y control por un sistema centralizado de gestión.

En edificios destinados a usos múltiples, como son los hospitales, es cada vez más interesante disponer de un sistema que permita el manejo y el control energético de las instalaciones de iluminación, de forma similar a los implantados para otras instalaciones como las de climatización. El control centralizado supone una serie de ventajas, entre las que citaremos:

- Posibilidad de encendido/apagado de zonas mediante órdenes centrales, bien sea manuales o automáticas (control horario).
- Modificación de circuitos de encendido a nivel central sin obras eléctricas.
- Monitorización de estado de los circuitos y consumos de los mismos.

Si el sistema centralizado dispone simultáneamente de control local, un buen uso de la centralización permitirá un considerable ahorro de energía, aplicando un buen control horario, de acuerdo con las necesidades del usuario, que evite luces olvidadas.

Recomendaciones sobre uso de sistemas de regulación y control en diferentes zonas:

Los locales o espacios donde se recomienda la utilización de alguno de los anteriores sistemas de control y regulación son:

• *Zonas comunes.*

En zonas comunes como pasillos, escaleras, salas de espera, los requerimientos de iluminación variarán durante el día, dependiendo de la cantidad de público:

- 100 % de iluminación en horas de visita.
- 50 % de iluminación fuera de horas de visita y durante la noche.
- 30 % de iluminación cuando es suficiente la luz natural.

Ahorros de entre un 35 % y un 65 % pueden ser conseguidos,

• *Salas de recuperación.*

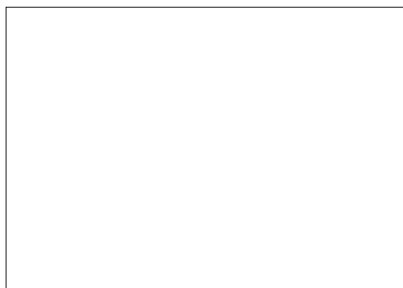
En estas salas, la iluminación al 100 % es sólo necesaria en emergencias, o durante la limpieza. El enfermo prefiere una luz muy tenue con la que pueda descansar. Confort y ahorros de hasta un 60 % se pueden obtener.

• *Habitaciones de pacientes.*

Como la iluminación al 100 % sólo es necesaria durante el tratamiento, reconocimientos y tiempos de visita, un sistema de regulación combinado con el aprovechamiento de la luz natural, aporta confort y control al paciente, y ahorros entre el 50 % y 80% de la energía.

- Aseos Públicos

Son zonas con una ocupación muy intermitente por lo que el ajuste del tiempo real de ocupación con el real de encendido puede suponer ahorros superiores al 60%. Por ello se recomienda utilizar sistemas de control por presencia o pulsadores temporizados.



- Zonas especiales.

En determinados locales, como pueden ser la sala de actos o las aulas de proyecciones, resulta casi imprescindible el disponer de sistemas de regulación de la iluminación que permitan su ajuste a la situación.

9.3.- Mantenimiento

Con el paso del tiempo, la suciedad que se va depositando sobre las ventanas, luminarias y superficies que forman las salas, unido a la disminución de flujo luminoso que experimentan las lámparas a lo largo del tiempo, hace que el nivel inicial de iluminación que se disfrutaba en ellas, descienda sensiblemente.

Los valores iniciales de iluminancia pueden volver a alcanzarse limpiando las luminarias y cambiando las lámparas a intervalos convenientes.

Los cristales de las ventanas y las superficies que forman techos y paredes deben ser limpiados periódicamente para mantener la transmisión de luz natural y la reflectancia de las mismas. La limpieza o repintado de las paredes y techos tendrá gran importancia en el caso de salas pequeñas y de alumbrados indirectos.

Igualmente las luminarias deben ser limpiadas regularmente, sobre todo las superficies reflectoras y difusoras. Si incorporasen difusores de plástico, bien sea liso o prismático, y estuviesen envejecidos por el uso, deberán ser sustituidos.

El no proceder de esta manera, puede conducir a:

- Reducción del nivel de iluminancia requerido para la tarea a realizar.
- Rendimiento deficiente de la instalación.
- Aspecto descuidado de la instalación.

Para prevenir la disminución provocada por la suciedad, al realizar el proyecto de alumbrado se debe solicitar una iluminancia superior a la tarea a realizar. La relación entre la iluminancia mínima exigida y la iluminancia inicial se denomina factor de pérdida de luz, y dependerá del grado de mantenimiento realizado sobre la instalación.

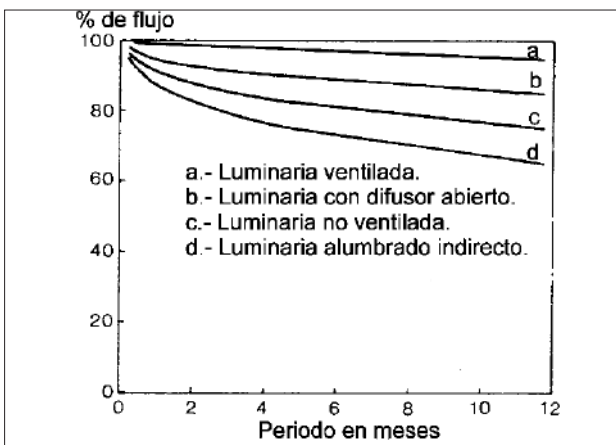
ILUMINANCIA RECOMENDADA BASADA SOBRE	FLUJO LUMINOSO DE LA LÁMPARA EMPLEADA	FACTOR DE DEPRECIACIÓN DEL FLUJO DE LA LÁMPARA	CATEGORÍA DEL LOCAL	FACTOR DEPREC. LUMINARIA Y SUPERFICIES DEL LOCAL	FACTOR TOTAL DE PERDIDA DE LUZ
Valor mínimo de iluminancia	Valor inicial nominal (100 h.)	0,8	Limpio	0,85	0,7
	Valor al final de la vida (70% vida prevista)	1	Normal	0,75	0,6
			Sucio	0,6	0,5
			Limpio	0,85	0,85
			Normal	0,75	0,75
			Sucio	0,6	0,6
Valor en servicio de iluminancia	Valor inicial nominal (100 h.)	0,9	Limpio	0,9	0,8
	Flujo nominal para el proyecto (2000 h)	1	Normal	0,8	0,7
			Sucio	0,7	0,6
			Limpio	0,9	0,9
		Normal	0,8	0,8	
		Sucio	0,7	0,7	

Depreciación producida por la suciedad acumulada en la luminaria.

La mayor pérdida de iluminación en una instalación proviene de la suciedad, que se deposita sobre las lámparas y las luminarias, reduciendo la disminución de luz de las mismas no solo por la disminución de la emitida directamente por las propias lámparas, sino también por reflexión y refracción en las superficies empleadas para tal fin.

La deposición de polvo sobre las luminarias y lámparas, está afectada por el grado de ventilación, el ángulo de inclinación, el acabado de las superficies que forman las luminarias y el grado de contaminación del ambiente que las rodea.

Las curvas muestran la depreciación del flujo luminoso debido a la suciedad en distintos tipos de luminarias.



En aquellos locales con alto grado de contaminación es preferible la utilización de luminarias estancas.

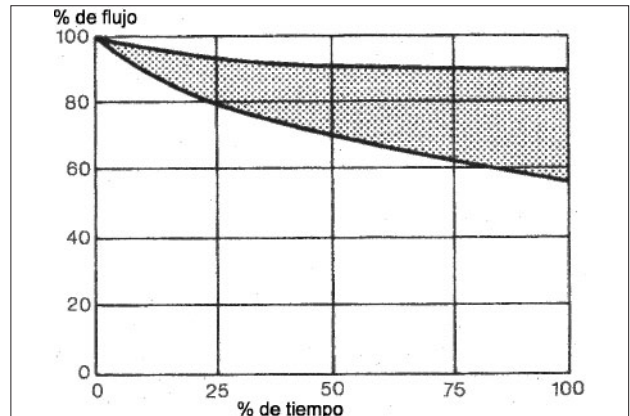
La realización de una limpieza programada a intervalos regulares, nos permitirá mantener de una forma más constante los niveles de iluminación de una sala.

Para obtener una máxima ventaja económica, el intervalo de limpieza deberá mantener una relación con el intervalo de reposición de las lámparas.

Depreciación del flujo de las lámparas.

El flujo luminoso de las lámparas disminuye con el tiempo, siendo diferente de unas lámparas a otras. Existen lámparas que siguen luciendo por un largo periodo de tiempo, pero a partir de un determinado momento, su emisión luminosa en relación con su consumo hace aconsejable su sustitución.

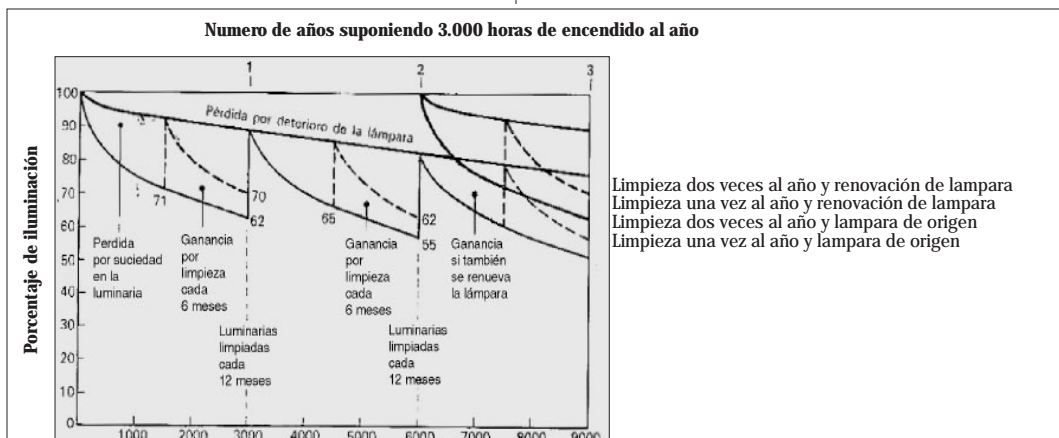
En la siguiente gráfica se muestra el tanto por ciento de depreciación del flujo de las lámparas fluorescentes y de descarga.



Las lámparas han de ser sustituidas al final de la vida útil indicada por el fabricante. Aunque la lámpara siga luciendo, el rendimiento lumen/watio de la misma hará aconsejable su sustitución.

Excepto en las lámparas de filamento, las lámparas de descarga, incluyendo los tubos fluorescentes, raramente fallan de forma instantánea. Su fallo es precedido por un molesto parpadeo, encendiéndose y apagándose repetidamente.

Los responsables de mantenimiento, deben estar pendientes de estas anomalías para proceder al cambio de la lámpara, comprobando previamente que es ésta y no el arrancador el que debe ser cambiado. En un circuito de encendido de una lámpara fluorescente es recomendable probar con un cebador nuevo antes de desprenderse de la lámpara.



Al reemplazar la lámpara, la nueva deberá ser de la misma potencia y clase que la antigua.

Una lámpara de potencia superior puede recalentar la luminaria. En las lámparas de descarga, el cambio debe hacerse compatible con el equipo auxiliar de encendido.

Es una buena practica, el disponer de lámparas de recambio, para evitar equivocaciones provocadas por la urgencia de la reposición.

En una gran instalación, como es el caso de un hospital, será preferible reemplazar todas las lámparas en un momento determinado, en vez de ir las sustituyendo separadamente a medida que dejan de funcionar.

El ciclo de sustitución más aconsejable para un tipo determinado de lámpara estará definido por el fabricante.

9.4.- Gestor energético

Para realizar una gestión eficiente, la figura del gestor energético en cualquier instalación debería ser obligatoria.

En este capítulo nos referiremos exclusivamente a la figura del gestor energético bajo el aspecto del consumo debido al alumbrado.

Esta gestión debe estar basada en los datos facilitados por el diseñador del edificio, el cual ha debido preparar por escrito, una serie de instrucciones relativas a las instalaciones y al mantenimiento de las mismas, tales como:

- Listados y especificaciones de los equipos de iluminación empleados.
- El programa de limpieza para lámparas y luminarias.
- El programa de recambio de lámparas.
- El programa de mantenimiento de las superficies que forman las salas, incluido el repintado de las mismas.

Basándose en estas instrucciones, el gestor deberá realizar una eficaz gestión continuo sobre:

- Seguimiento de los planes de mantenimiento (limpiezas, reposiciones de lámparas por grupos, etc.)
- Control de horarios de funcionamiento
- Control de consumos y costes.
- Seguimiento de la tarificación.

La energía consumida en KWh es igual a la potencia de las luminarias multiplicada por el número de horas de utilización de las mismas.

La comparación del consumo teórico con el real, puede facilitar al gestor los datos necesarios para conseguir una disminución en el coste energético del alumbrado.

Para un determinado nivel de iluminación adecuado a la tarea a realizar y suponiendo que el número de horas de utilización es el correcto, solamente un deficiente estado de las luminarias puede incrementar el consumo.

De igual forma, para un adecuado estado de las luminarias, el incremento es motivado por una excesiva utilización del alumbrado.

Si el gestor desconociese la potencia instalada, debe estimar el consumo de la siguiente forma: la potencia instalada es igual al número de luminarias instaladas por la potencia de las lámparas que incorpora, incrementada en la potencia por el equipo auxiliar, si lo tuviere. Esto es debido a que las lámparas de descarga, incluyendo los tubos fluorescentes, necesitan un balasto para su funcionamiento, y este tiene un consumo propio.

Los watios consumidos por la luminaria, pueden estar especificados por el fabricante; la alternativa a la ausencia de este dato sería:

- para luminarias con lámparas fluorescentes, multiplicar por 1,25 la potencia total de las lámparas existentes en las luminarias.
- para las luminarias con lámparas de descarga, multiplicar la potencia de las lámparas instaladas por 1.1.
- para las luminarias con lámparas de filamento, salvo las que utilicen reguladores o transformadores, multiplicar la potencia de las lámparas por 1.0.
- para las luminarias que incorporen equipos electrónicos de alta frecuencia, consultar los datos al fabricante.

En el caso de existencia de reguladores o transformadores, será necesario añadir el consumo de éstos al propio de la lámpara.

Dado que las compañías suministradoras disponen de varias tarifas reguladas por el BOE, el gestor deberá conocer cual es la que mejor se adapta al horario, potencia contratada, etc., para elegir el más adecuado a sus necesidades.



10 Índice de eficiencia energética





10. Índice de eficiencia energética

El IEE, Índice de Eficiencia Energética, es un factor que mide la eficiencia energética de una instalación de alumbrado y que, al mismo tiempo, ayuda al responsable del proyecto al permitirle un autocontrol del trabajo realizado.

La unidad de medida del IEE es $W/m^2 - 100 \text{ Lux}$. Al evaluar el proyecto de iluminación se verificará el IEE para el conjunto del proyecto mediante el cociente entre la potencia eléctrica total proyectada y la superficie considerada. Realizada esta operación, se referirá a una iluminancia de 100 lux en servicio para obtener el IEE.

Ejemplo:

Supongamos que en un quirófano de 30 m^2 se han utilizado luminarias para la iluminación general, cuya potencia eléctrica total (lámpara + equipo) resultante es de 1440 W, para obtener una iluminancia de 1500 lux.

El cociente entre la potencia eléctrica y la superficie ($1440/30$) es de 48 W/m^2 de donde :

$$\text{IEE (W/m}^2 - 100 \text{ lux)} = 48 \times \frac{100}{1500} = 3,2$$

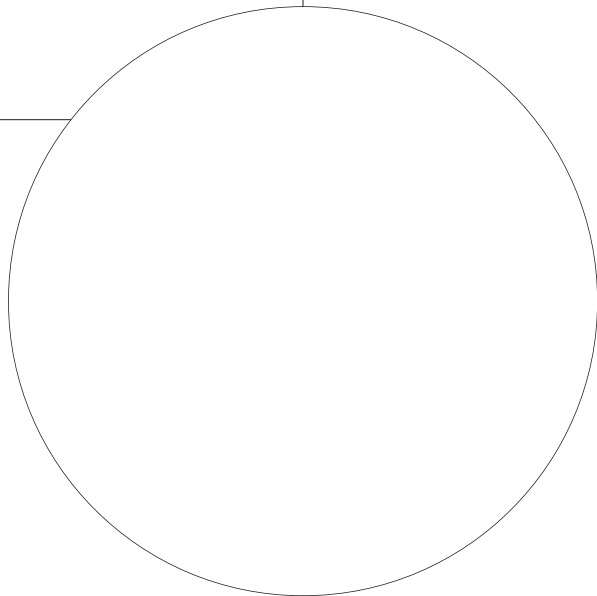
Es conocido que para el resultado final de un proyecto, juega un importante papel el índice del local, que relaciona las dimensiones geométricas del espacio y los factores de reflexión predeterminados para techo, paredes y suelo.

Ello unido a la diferente eficacia de las lámparas, así como de rendimiento de las luminarias, hacen que para cada tipología, el IEE medio recomendado sea un intervalo entre un IEE óptimo y un IEE máximo, según el siguiente baremo para Centros Hospitalarios:

IEE óptimo	2,5
IEE medio	4
IEE máximo	5,5

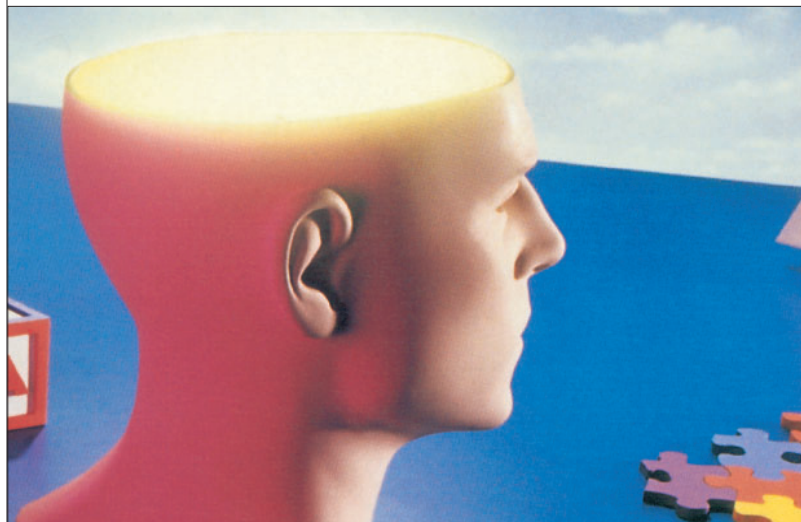
El valor IEE se debe calcular para cada tipología de recinto, al 100 % de flujo si hubiera un sistema de regulación, y considerando en los consumos el conjunto lámpara-equipo.

El índice IEE es una guía para mantener el diseño de las instalaciones de iluminación en parámetros de eficiencia energética del conjunto adecuados, cuando no óptimos.



11

Procedimiento para la realización de un proyecto energéticamente eficiente

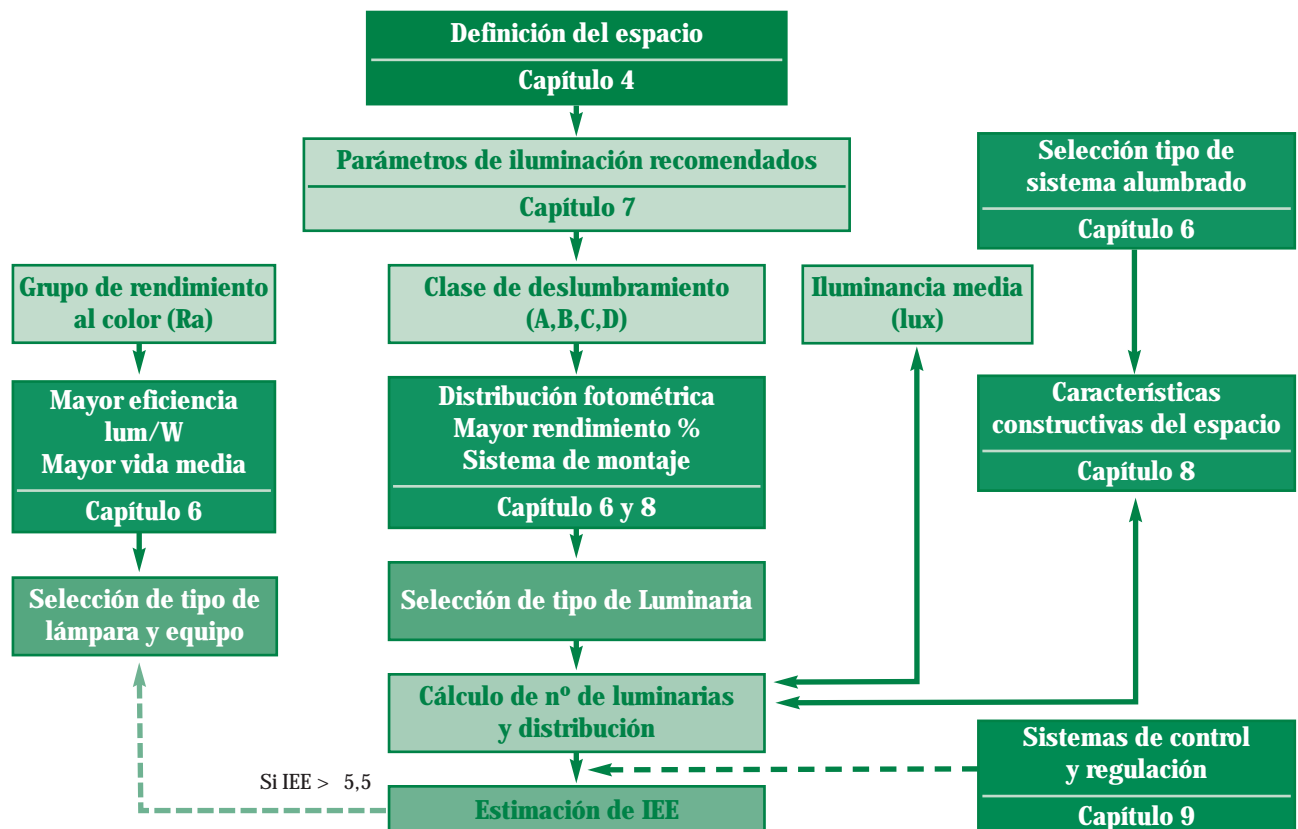


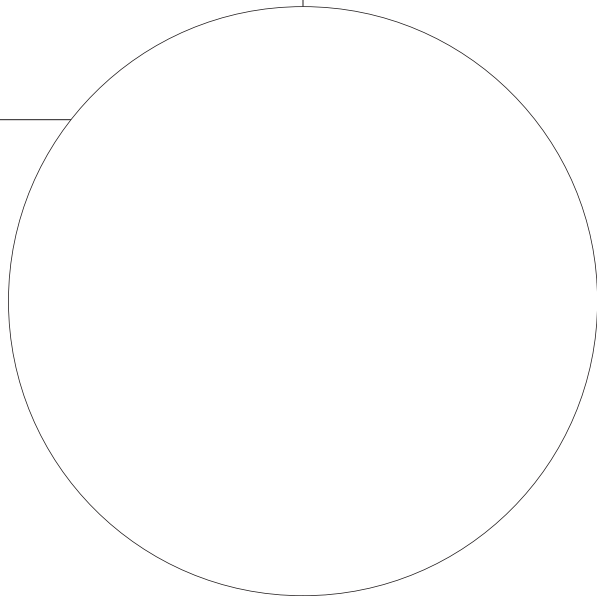


11. Procedimiento para la realización de un proyecto energéticamente eficiente

La realización de un proyecto de iluminación requiere de una planificación adecuada de los pasos a dar y de los criterios a aplicar.

En el esquema siguiente se muestra un procedimiento guía para la realización de dichos proyectos con el objetivo de conseguir una eficiencia energética adecuada. Si una vez realizados todos los pasos, el IEE fuese mayor que 5,5 debemos volver al paso indicado y realizar de nuevo el proyecto.





12

Casos prácticos de proyectos de rehabilitación





12. Casos prácticos de proyectos de rehabilitación

Se presentan 5 casos prácticos:

1. Unidad de hospitalización de 4 camas.
2. Unidad de hospitalización de 2 camas.
3. Unidad de terapia intensiva de 4 camas.
4. Sala de espera
5. Unidad de fisioterapia.

En todos ellos se exponen las características del recinto, la situación actual, y la propuesta de reforma, siempre basada en la utilización de lámparas, equipos y luminarias de óptima eficacia, y siempre mejorando los parámetros de iluminación requeridos en cada estancia y la calidad de los materiales. En uno de los casos se ha propuesto para la reforma la implantación de un sistema de regulación y control.

Para cada caso se presenta la distribución de iluminancias en plano de trabajo y en escala de grises, y rendering de la sala en colores falsos teniendo en cuenta el mobiliario.

En la tabla final, para cada caso se puede observar que en los 5 ejemplos se ha reducido el IEE a valores óptimos que nos proporcionan ahorros de energía, (también en mantenimiento por recambio de lámparas), y los períodos de retorno simple de la inversión.

Los datos tomados para el cálculo económico y energético son:

- Precio del kWh = 13 Ptas.IVA incluido.
- Precio de mano de obra instalación y mantenimiento = 5000 Ptas/h.
- Horas de utilización de la instalación de iluminación estimadas según Capítulo 4.
- Los precios para el cálculo del coste de la reforma están referenciados a precios medios de mercado suministrados por algunos fabricantes.

También se incluyen 2 ejemplos de iluminación eficiente para una habitación privada y una unidad de recuperación.

Nota

Debe resaltarse que los ejemplos de este capítulo se desarrollan con carácter informativo, como ejercicios meramente prácticos de evaluación de la eficiencia y ahorro de energía y del análisis de la rentabilidad económica de la implantación de las distintas alternativas.

Por tanto, la adopción de unas u otras propuestas o soluciones que en este capítulo se exponen no implica, ni toma de postura sobre la bondad de las mismas, ni fomento de unas aplicaciones o tecnologías frente a otras.

Cada proyecto deberá analizarse de forma específica, siguiendo esta metodología.

1. Unidad de hospitalización de 4 camas

Descripción:

Habitación de hospital con 4 camas.

Dimensiones:

Longitud: 6 m.
Anchura: 5,3 m.
Altura: 3 m.

Características constructivas:

Paredes y techos en blanco con reflectancia de 65 %.
Puerta con reflectancia 0,45 en pared norte.

Situación actual:

Iluminación por 4 luminarias de superficie con 3 lámparas fluorescentes lineales de 40 W, flujo inicial de 3000 lúmenes, equipo formado por 3 balastos de 40 W con pérdidas de 8 W cada uno, difusor formado por celosía reticular blanca.

Nivel de iluminancia: 300 lux
Potencia total instalada (lámpara+equipo): 576 W
IEE = 6.
Horas de utilización consideradas: 6.000 horas/año
Consumo energía: 3.456 kWh/año.

Pacientes expuestos a un deslumbramiento directo muy molesto.
Bajo nivel de iluminancia en el plano de la cama.

Propuesta de reforma:

Iluminación por 4 Cabeceros de cama con luz indirecta con 2 fluorescentes lineales de 36 W y luz directa con un fluorescente compacto de 36 W, equipo formado por un balasto electrónico con regulación para dos lámparas fluorescentes lineales de 36 W y otro balasto electrónico para 1 lámpara fluorescentes compacta de 36 W.

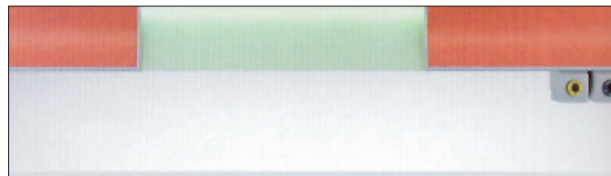
Sistema de regulación gestionado con pulsador en zona de entrada. Interruptor de encendido y apagado de luz de lectura individualizado para cada cama.

Nivel de iluminancia al 100% de regulación: 320 lux
Potencia total instalada (lámpara+equipo): 444 W
IEE = 4,3
Horas de utilización del 100% de la iluminación: 3.000 horas/año.

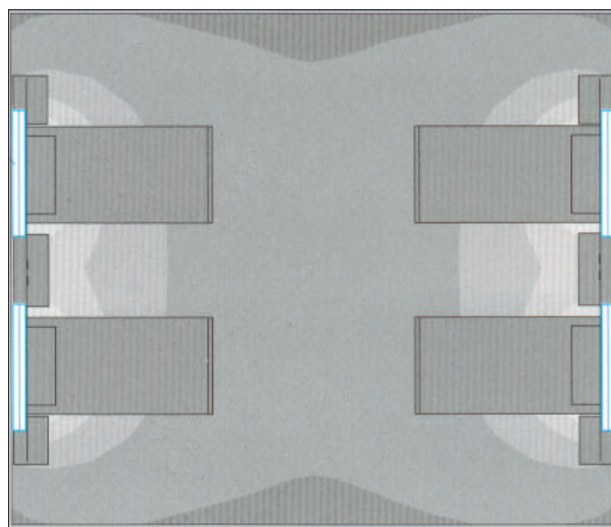
Posibilidad de regulación del nivel de iluminancia general para mayor confort y eficiencia, lo que permite reducir en un 50% la utilización del 100% de la potencia instalada.

Luz directa para lectura. Luz indirecta para iluminar toda la sala.

Pacientes libres de deslumbramiento
Nivel de iluminancia adecuado en la cama.



Distribución de iluminancias en escala de grises y rendering de la sala en colores falsos:



Resumen reforma:

4 luminarias de 3 x 40 por 4 cabeceros de 2x36 fluorescente lineal para luz indirecta con balasto electrónico con regulación y 1x36 fluorescente compacto para luz directa con balasto electrónico.

	Actual	Propuesta
Iluminancia	300 lux	320 lux
IEE	6	4,3
Ahorro de energía (%)		60 %
Ahorro anual energía + mantenimiento	32.000 Ptas.	
Coste de reforma	270.000 Ptas.	
Período de retorno simple	8,43 años	

(Valorando una regulación media del 50%)

2. Unidad de hospitalización de 2 camas

Descripción:

Habitación de hospital con 2 camas.

Dimensiones:

Longitud: 4,6 m.

Anchura: 5,5 m.

Altura: 2,8 m.

Características constructivas:

Paredes y techos en blanco con reflectancia de 70 %.

Falso techo metálico.

Ventana en pared norte.

Situación actual:

Iluminación por 2 Cabeceros de cama con 3 lámparas fluorescentes lineales de 40 W, flujo inicial de 3000 lúmenes, 2 para iluminación indirecta y la otra para iluminación directa. Equipo formado por 3 balastos de 40 W con pérdidas de 8 W cada uno. Componente óptico formado por difusor de plástico

Nivel de iluminancia: 240 lux (no cumple el nivel recomendado en el Capítulo 7).

Potencia total instalada (lámpara+equipo): 288 W

IEE = 4,75.

Horas de utilización consideradas: 6.000 horas/año

Consumo energía: 1.728 kWh/año.

Bajo nivel de iluminancia en la habitación y mal distribuida. Zona de la mesa mal iluminada.

Propuesta de reforma:

Iluminación por:

- 2 Cabeceros de cama con luz indirecta con 1 fluorescente lineales de 36 W y luz directa con un fluorescente compacto de 36 W, equipo formado por un balasto electrónico para 1 lámpara fluorescente lineal de 36 W y otro balasto electrónico para 1 lámpara fluorescentes compacta de 36 W.
- 2 Luminarias de empotrar con luz reflejada combinada con luz directa para una lámpara fluorescente lineal T5 de 28 W y balasto electrónico.

Nivel de iluminancia: 375 lux

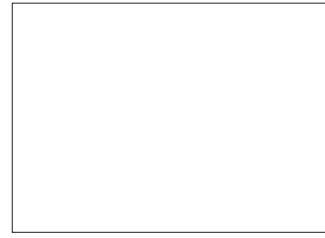
IEE = 2,17. Medio

Potencia total instalada (lámpara+equipo): 206 W

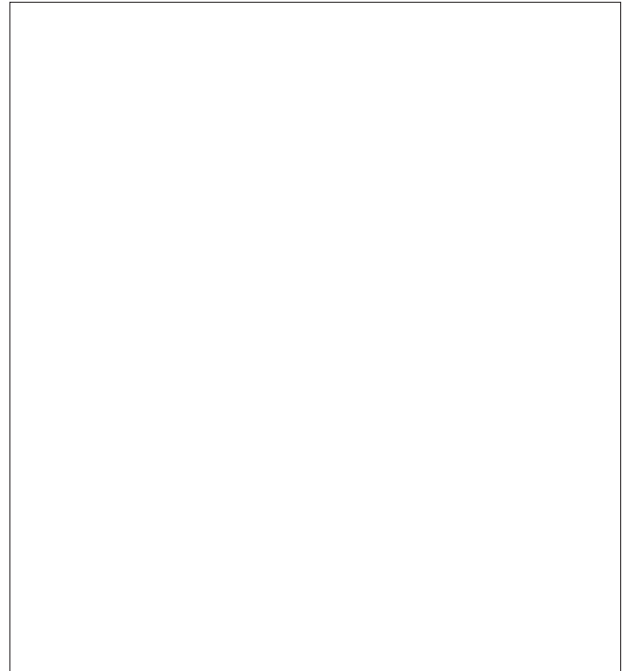
Horas de utilización del 100% de la iluminación: 6.000 horas/año.

Luz directa para lectura. Luz indirecta para iluminar toda la sala combinada con la luz directa de baja luminancia.

Pacientes libres de deslumbramiento y nivel de iluminancia adecuado en la cama.

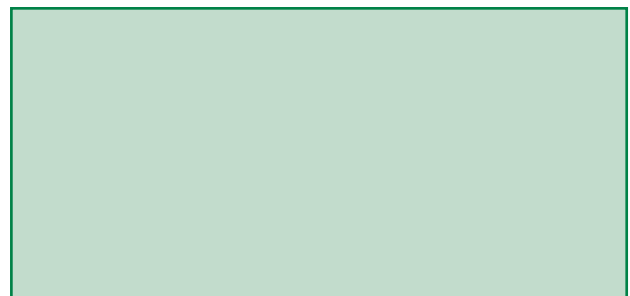


Distribución de iluminancias en escala de grises y rendering de la sala en colores falsos:



Resumen reforma:

2 cabeceros de 3 por 40 por 2 cabeceros de 1x36 fluorescente lineal para luz indirecta con balasto electrónico y 1x36 compacto para luz directa con balasto electrónico, y 2 luminarias de empotrar de 2x28 fluorescente lineal T5 para iluminación general con balasto electrónico.



3. Unidad de terapia intensiva de 4 camas

Descripción:

Unidad de terapia intensiva de 4 camas. Necesidad de un alto nivel de iluminación.

Dimensiones:

Longitud: 10 m.

Anchura: 4,3 m.

Altura: 3,1 m.

Características constructivas:

Paredes y techos en blanco con reflectancia de 60 %.

Ventana de observación en pared norte y este.

Puerta en pared este.

Situación actual:

Iluminación por 6 luminarias con 4 lámparas fluorescentes lineales de 58 W, flujo inicial de 5000 lúmenes. Equipo formado por 4 balastos de 58 W con pérdidas de 12 W cada uno. Componente óptico formado por difusor prismático de plástico Disposición en 2 hileras longitudinales de 3 luminarias cada una

Nivel de iluminancia: 1040 lux

Potencia total instalada (lámpara+equipo): 1.680 W

IEE = 3,75.

Horas de utilización consideradas: 5.000 horas/año

Consumo energía: 8.400 kWh/año.

Baja eficiencia. Distribución incorrecta de luminarias. Luminarias sin la protección adecuada.

Propuesta de reforma:

Iluminación por 5 luminarias con 2 lámparas fluorescentes lineales de 58 W, flujo inicial de 5200 lúmenes. Equipo formado por 2 balastos electrónicos de 2x58 W. Componente óptico formado por celosía especular de alta eficacia y cristal de protección. Disposición entre las camas en sentido transversal a la sala para optimizar los niveles de iluminación y minimizar el deslumbramiento.

Nivel de iluminancia: 1010 lux

IEE = 1,26

Potencia total instalada (lámpara+equipo): 550 W

Horas de utilización del 100% de la iluminación: 5.000 horas/año.

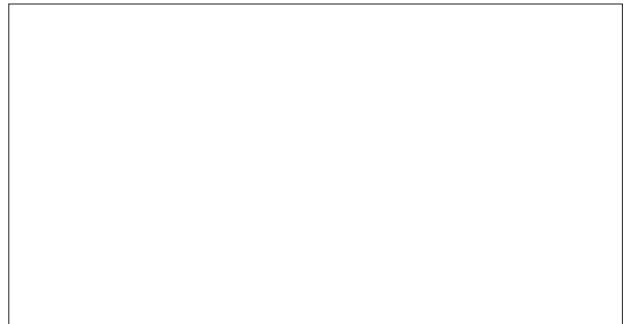
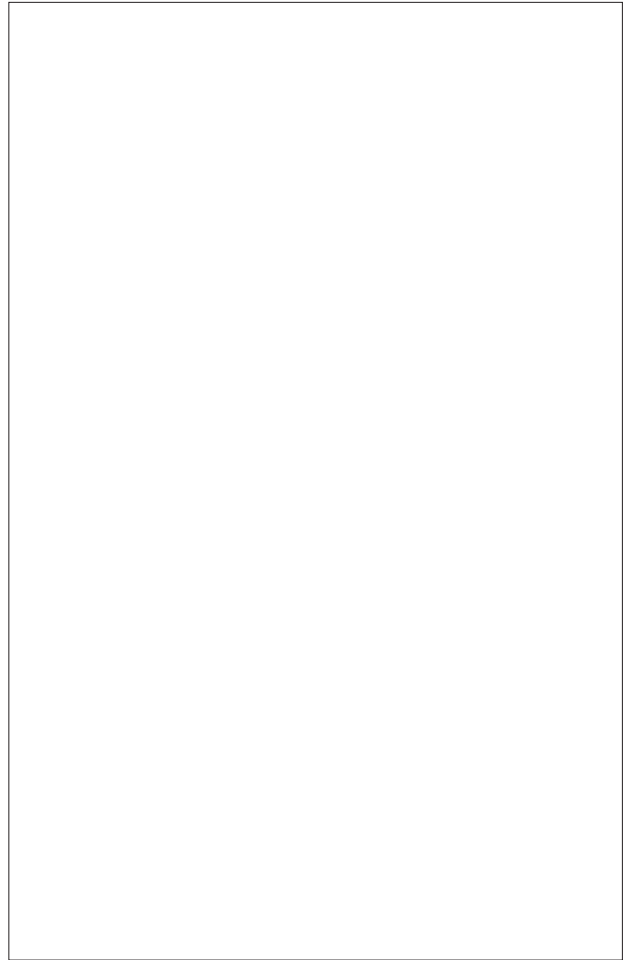
Nivel de iluminancia adecuado para reconocimiento.

Distribución de iluminancias adecuada.

Luminarias con IP 65 para salas limpias.



Distribución de iluminancias en escala de grises y rendering de la sala en colores falsos:



Resumen reforma:

6 luminarias de 4 x 58 por 5 luminarias de 2 x 58 fluorescente lineal con balasto electrónico.

	Actual	Propuesta
Iluminancia	1.040 lux	1010 lux
IEE	3,75	1,26
Ahorro de energía (%)		70 %
Ahorro anual energía + mantenimiento	78.000 Ptas.	
Coste de reforma	195.000 Ptas	
Período de retorno simple	2,5 años	

4. Sala de espera

Descripción:

Sala de espera para visitas. Necesidad de conjugar la eficiencia y un ambiente agradable.

Dimensiones:

Superficie: 65 m²
 Altura: 2,7 m.

Características constructivas:

Paredes y techos en rosa palo con reflectancia de 50 %.

Situación actual:

Iluminación por 24 downlights con lámparas incandescentes tipo PAR de 100 W.

Nivel de iluminancia: 310 lux

Potencia total instalada (lámpara+equipo): 2.400 W
 IEE = 11,9

Horas de utilización consideradas: 4.000 horas/año
 Consumo energía: 9.600 kWh/año.

Baja eficiencia. Alta emisión de calor. Deslumbramiento directo. Iluminación muy monótona.

Propuesta de reforma:

Iluminación por:

- 16 Downlights de empotrar para lámparas fluorescentes compactas de 18 W y balasto electrónico. Reflector de aluminio especular de alta eficacia.
- 2 Luminarias de suspender decorativas para lámpara halógena de 50 W con transformador electrónico.
- 15 Downlights empotrados para bañar la pared para lámpara halógena de 20 W con transformador electrónico.
- 1 Proyector para lámpara halógena de 50 W con transformador electrónico.

Nivel de iluminancia: 330 lux

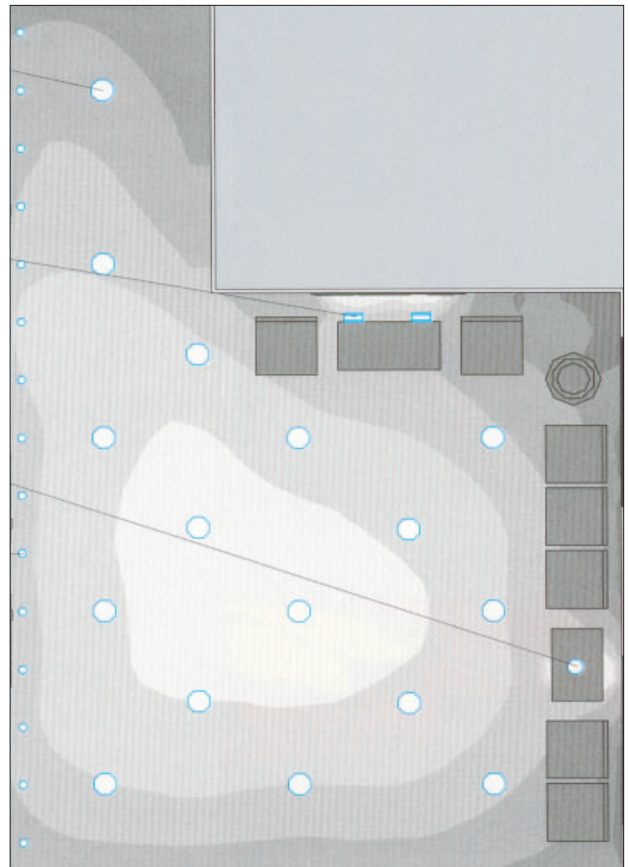
IEE = 3,8

Potencia total instalada (lámpara+equipo): 815 W
 Horas de utilización del 100% de la iluminación: 4.000 horas/año.

Ambiente hogareño, distendido y muy confortable.
 Buena eficiencia. Baja emisión de calor.



Distribución de iluminancias en escala de grises y rendering de la sala en colores falsos:



Resumen reforma:

24 luminarias downlights con lámpara incandescente de 100 W por 16 luminarias downlights de 1 x 18 fluorescente compacto con balasto electrónico, 2 colgantes de 50 W halógenos con transformador electrónico, 15 luminarias downlights de 20 W halógenos con transformador electrónico, y 1 proyector de 50 W halógeno con transformador electrónico.

	Actual	Propuesta
Iluminancia	310 lux	330 lux
IEE	11,9	3,8
Ahorro de energía (%)		66 %
Ahorro anual energía + mantenimiento	96.000 Ptas.	
Coste de reforma	510.000 Ptas	
Período de retorno simple	5,54 años	

5. Unidad de fisioterapia

Descripción:

Unidad de fisioterapia. Buen nivel de iluminación y buen confort visual.

Dimensiones:

Longitud: 4,5 m.

Anchura: 3,5 m.

Altura: 3,1 m.

Características constructivas:

Paredes y techos en blanco con reflectancia de 50 %.

Situación actual:

Iluminación por 6 luminarias tipo downlights equipadas con lámparas PAR incandescentes de 100 W.

Nivel de iluminancia: 440 lux

Potencia total instalada (lámpara+equipo): 600 W

IEE = 8,65.

Horas de utilización consideradas: 4.000 horas/año

Consumo energía: 2.400 kWh/año.

Baja eficiencia. Distribución incorrecta de luminarias.

Alta emisión de calor. Vida reducida de las lámparas.

Propuesta de reforma:

Iluminación por 2 luminarias con combinación de luz directa y reflejada con 2 lámparas fluorescentes lineales T5 de 35 W, flujo inicial de 3550 lúmenes. Equipo formado por 1 balasto electrónicos de 35 W. Componente óptico formado por celosía especular de alta eficacia y reflector blanco para la componente reflejada.

Nivel de iluminancia: 420 lux

IEE = 2,11

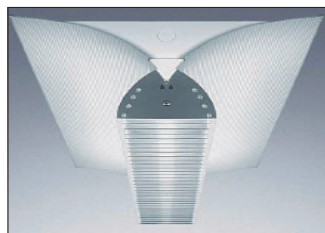
Potencia total instalada (lámpara+equipo): 140 W

Horas de utilización del 100% de la iluminación: 4.000 horas/año.

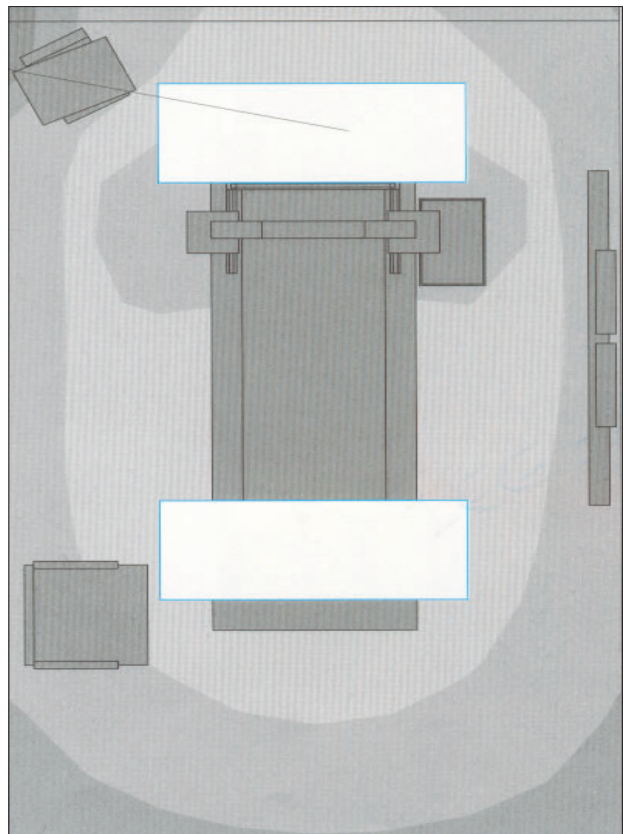
Buen nivel de iluminación.

Alta eficiencia y baja radiación de calor.

Buen confort visual para el paciente.



Distribución de iluminancias en escala de grises y rendering de la sala en colores falsos:



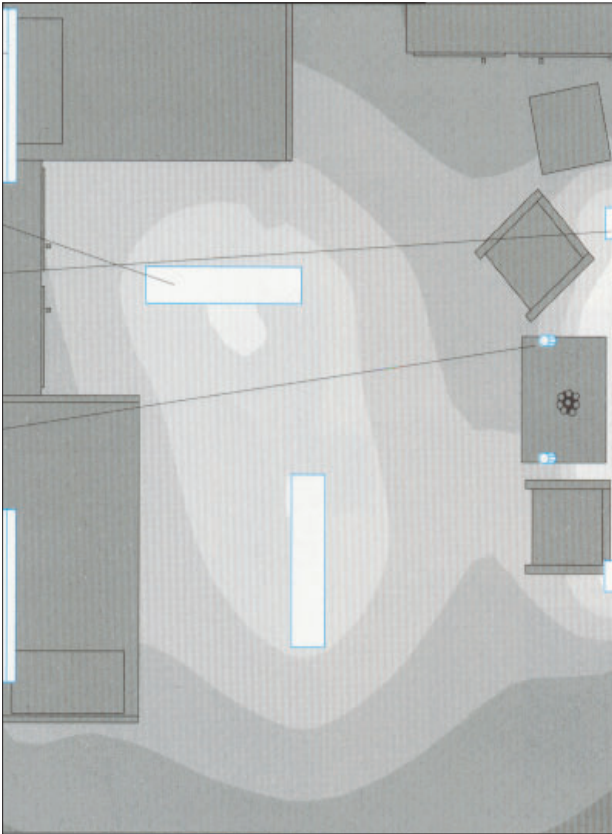
Resumen reforma:

6 luminarias downlights de 1 x 100 lámpara incandescente por 2 luminarias de 2 x 35 fluorescente lineal T5 con balasto electrónico.

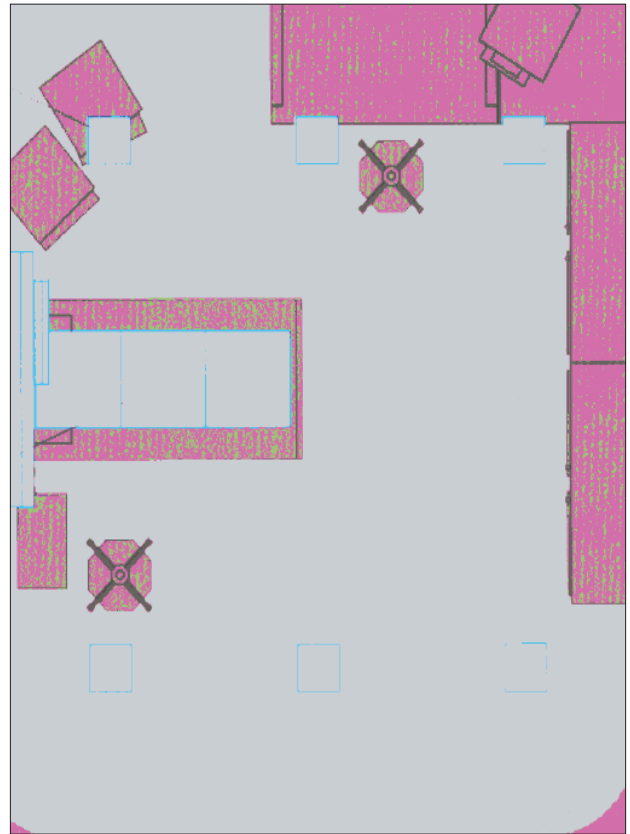
	Actual	Propuesta
Iluminancia	440 lux	420 lux
IEE	8,65	2,11
Ahorro de energía (%)		76 %
Ahorro anual energía + mantenimiento	30.000 Ptas.	
Coste de reforma	50.000 Ptas	
Período de retomo simple		1,67 años

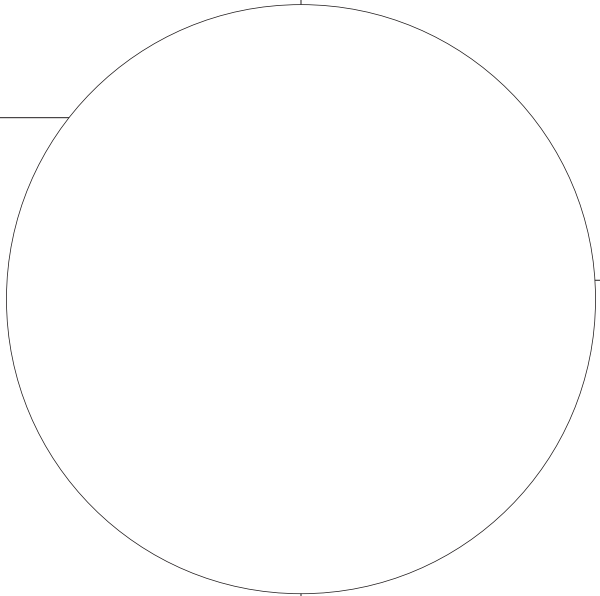
Otros ejemplos:**1. Habitación privada***Luminarias:*

- 2 Cabeceros de cama con luz directa-indirecta con 1 fluorescente lineal de 36 W.
- 2 Luminarias de suspender con luz directa-indirecta con 2 lámparas fluorescentes compactas de 28 W.
- 2 Apliques de pared para lámparas fluorescentes compactas de 26 W.
- 2 Proyectoros para lámpara halógena de 50 W

Prestación: Luz directa para lectura. Ambiente hogareño y muy confortable*IEE = 5,2. Bajo.***2. Unidad de recuperación***Luminarias:*

- 1 Cabecero de cama con luz indirecta con 2 fluorescentes lineales de 58 W y luz directa con un fluorescente compacto de 36 W.
- 6 Luminarias downlights de empotrar con 2 lámparas fluorescentes compactas de 18 W.
- 1 Luminaria de empotrar opal con 4 lámparas fluorescentes lineales de 18 W.

Prestación: Luz directa para lectura. Luz indirecta para iluminar la sala con apoyo de downlights totalmente apantallados por un accesorio decorativo. Luminaria opal empotrada para reconocimiento*IEE = 3,5. Medio óptimo.*



13

Normativa y recomendaciones





13. Normativa y recomendaciones

Para los materiales utilizados en la iluminación, se tendrán en consideración las normas relativas a Luminarias, Equipos Auxiliares y Compatibilidad Electromagnética relacionadas a continuación.

En la confección de Proyectos de Alumbrado se considerarán las Recomendaciones aparecidas en las Publicaciones de la CIE referentes a la iluminación de interiores y exteriores.

Generales

- ISO 9001. Aseguramiento de la Calidad
- EN 60598. Seguridad y ensayos generales en luminarias.
- RBT. Reglamento de Baja Tensión. Directiva Europea 93/68.
- Directiva Europea de Compatibilidad Electromagnética 93/68.
- DIN 0107. Instalaciones eléctricas en hospitales.
- IEC 601-1, (EN 60601). Equipos eléctricos para medicina. Especificaciones generales de Seguridad.
- EN 793. Requerimientos especiales para la Seguridad de los Equipos eléctricos Médicos.

Iluminación

- DIN 5035. Iluminación artificial de interiores.
- DIN 5035 Parte 3. Iluminación de Hospitales.
- DIN 67505. Iluminación para laboratorios y salas de odontología.

- DIN 5044. Alumbrado de viales.
- DIN 67528. Iluminación de aparcamientos.
- CIE 19.21. An analytic model for describing the influence of lightings parameters upon visual performance. Technical foundations. 1981
- CIE 19.22. An analytic model for describing the influence of lightings parameters upon visual performance. Summary and application guidelines. 1981
- CIE 29.2. Guide on interior lighting. 1986
- CIE 40. Calculations for interior lighting. 1978
- CIE 55. Discomfort glare in the interior working environment. 1983
- CIE 117. Discomfort glare in interior lighting. 1995

Normas relativas a luminarias.

- UNE - EN - 60598.1 Luminarias
- UNE - EN - 60598.2.1 Luminarias fijas de uso general
- UNE - EN - 60598.2.2 Luminarias empotradas
- UNE - EN - 60598.2.3 Luminarias de alumbrado público
- UNE - EN - 60598.2.4 Luminarias portátiles de uso general
- UNE - EN - 60598.2.5 Luminarias proyectores
- UNE - EN - 60598.2.6 Luminarias con transformador integrado
- UNE - EN - 60598.2.18 Luminarias para piscinas

Normas relativas a luminarias de emergencia.

- UNE - EN - 60598.2.22 Luminarias para alumbrado de emergencia
- UNE - 20.062 Aparatos autónomos para alumbrado de emergencia (incandescente)
- UNE - 20.392 Aparatos autónomos para alumbrado de emergencia (fluorescente)

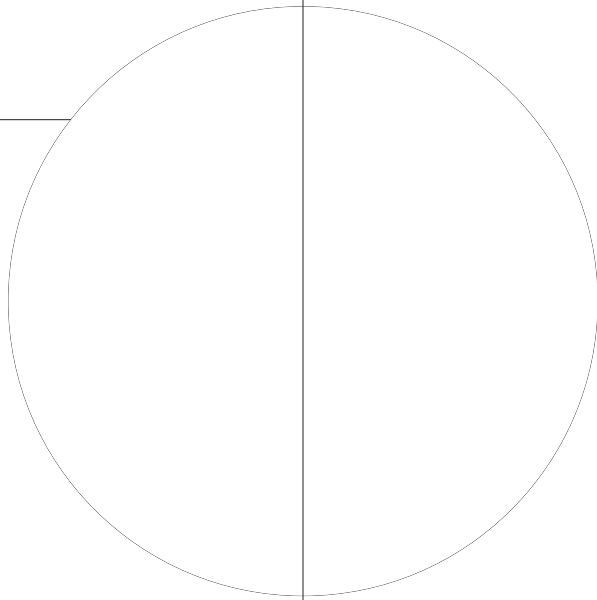
Normas relativas a equipos auxiliares.

- UNE - EN - 60920/921 Balastos para tubos fluorescentes
- UNE - EN - 60922/923 Balastos para lámparas de descarga
- UNE - EN - 60926/927 Cebadores y arrancadores
- UNE - EN - 60928/929 Balastos para tubos fluorescentes electrónicos en corriente alterna
- UNE - EN - 61048/049 Condensadores para alumbrado

Normas relativas a Compatibilidad Electromagnética.

- EN - 55015 Perturbaciones radioeléctricas
- UNE - EN - 60555.P 2 Perturbaciones en redes(armónicos)
- UNE - EN - 61000.3.2 Perturbaciones en redes(límites)
- UNE - EN - 61547 Requisitos de inmunidad.





14

Glosario de definiciones técnicas





14. Glosario de definiciones técnicas

En este apartado se dan unas concisas definiciones de magnitudes y términos luminotécnicos imprescindibles. Para este propósito nos basamos en las definiciones CIE Publicación nº 17.

Ojo y visión:

- *Adaptación*: Proceso en el cual el ojo se ajusta a la luminancia y color del objeto visual.
- *Acomodación*: Ajuste espontáneo de la óptica del ojo para obtener la máxima resolución visual a distintas distancias.
- *Resolución visual*: Capacidad de discriminar detalles en objetos que estén muy cerca.
- *Confort visual*: l.-Característica que manifiesta la ausencia de perturbaciones procedentes del entorno visual
- *Contraste*: Sensación subjetiva de la diferencia en apariencia de dos partes de un campo visual. Usualmente se cuantifica como:

$$(L_2 - L_1) / L_1$$

$$L_1: \text{Luminancia dominante de fondo}$$

$$L_2: \text{Luminancia del objeto}$$
- *Brillo*: Sensación visual asociada a la cantidad de luz emitida por un área determinada. Se corresponde con la luminancia.

- *Deslumbramiento*: La incomodidad en la visión producida cuando partes del campo visual son muy brillantes en relación a las cercanías a las que el ojo está adaptado.
- *Parpadeo*: Impresión de intermitencia, alternancia o variación en la presentación de la luz.
- *Efecto estroboscópico*: Inmovilización aparente o cambio del movimiento de un objeto al ser iluminado con luz de una determinada frecuencia temporal e intensidad.
- *Campo visual*: Extensión del espacio físico visible desde una posición dada.
- *Entorno visual*: Espacio que puede ser visto desde una posición moviendo la cabeza y los ojos.

Magnitudes luminotécnicas:

- *Curva isolux*: Lugar geométrico de los puntos de una superficie donde el valor de la iluminancia es idéntico.
- *Flujo luminoso*: Energía radiada o recibida por una superficie corregida según la eficiencia visual del ojo. Unidad: lumen, lm
- *Intensidad luminosa*: Flujo emitido por unidad de ángulo sólido en una dirección determinada. Unidad: candela, cd.

- *Illuminancia*: Flujo incidente por unidad de área en una superficie iluminada.

$$E = \phi/A \quad \text{Unidad: lux, lx.}$$

- *Luminancia*: Medida física de la sensación de brillo. Intensidad luminosa de la luz emitida o reflejada en una dirección dada de un elemento de una superficie dividida por el área de ese elemento proyectada en la misma dirección. Unidad: candela por metro cuadrado, cd/m².

Para superficies perfectamente difusas: $L = \rho \cdot E / \pi$

- *Reflectancia*: Cociente entre el flujo reflejado por una superficie y el recibido:

$$\rho = \phi_{\text{refl}} / \phi_{\text{recib}}$$

- *Eficacia luminosa*: Cociente entre el flujo emitido por la lámpara y la potencia consumida. Unidad: lumen por vatio, lm / W
- *Rendimiento de una luminaria*: Cociente entre el flujo emitido por una luminaria y el flujo emitido por las lámparas que incorpora dicha luminaria.
- *Temperatura de color (de una fuente)*: Temperatura del cuerpo negro en la que éste emite luz con la misma apariencia cromática que la fuente de luz considerada. Unidad: Kelvin, K
Temperaturas de color de 4000 K o superiores pertenecen a luz blanca y fría; temperaturas de color de menos de 3000 K tienen apariencia cálida.
- *Rendimiento de color*: Efecto de una fuente de luz en la apariencia cromática de un objeto comparada con su apariencia al ser iluminada con iluminantes patrón.

Es la habilidad de una fuente de luz para reproducir un color relativamente a ese mismo color iluminado por una fuente de luz patrón.

Analíticamente, el rendimiento de color de una fuente de luz está definido por el Índice de Rendimiento del Color.

Un buen rendimiento de color está indicado por un Índice de Rendimiento de Color alto; un mal rendimiento de color está indicado por un Índice de Rendimiento de Color bajo.

- *Índice de Reproducción cromática*: Grado con el cual los colores de objetos iluminados con esa fuente están conformes a los observados al iluminar con iluminantes de referencia, IRC o Ra.

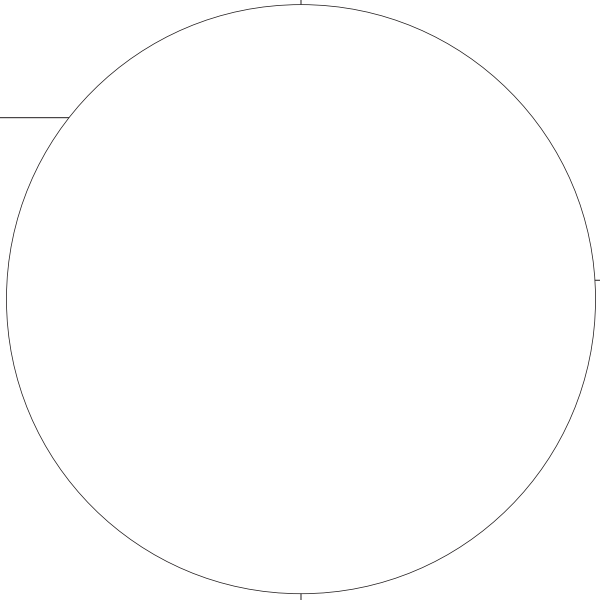
Instalación:

- *Arrancador*: Dispositivo que por sí mismo, o en combinación con otros elementos del circuito, genera los impulsos de tensión necesarios para el encendido de una lámpara de descarga.
- *Balasto*: Dispositivo que limita la corriente de una lámpara a un valor determinado.
- *Cebador*: Dispositivo utilizado por las lámparas fluorescentes para proporcionar el precaldeo necesario de los electrodos y que en combinación con el balasto provoca una tensión momentánea en la lámpara.
- *Circuito eléctrico*: Conjunto de materiales eléctricos alimentados por la misma fuente de energía y protegidos contra las sobrintensidades por los mismos dispositivos de protección.
- *Luminaria*: Aparato que distribuye, filtra o transforma la luz emitida por una o varias lámparas y que comprende los elementos necesarios para su fijación, protección y conexión al circuito de alimentación.
- *Proyector*: Luminaria en la que la luz emitida por la lámpara es concentrada por reflexión o refracción para conseguir una intensidad luminosa elevada dentro de un cierto ángulo sólido:
- *Reflector*: Parte de una luminaria que modifica la distribución de luz de una lámpara sin alterar la longitud de onda de sus componentes monocromáticas.
- *Refractor*: Parte de una luminaria que modifica la distribución de luz de una lámpara mediante el cambio de dirección sufrido por la radiación al atravesar un medio o la superficie de separación de medios distintos.
- *Difusor*: Parte de una luminaria que modifica la distribución de luz de una lámpara utilizando el fenómeno de la difusión de la luz.
- *Entorno de trabajo*: Combinación de personas y objetos que interactúan en el proceso visual.
- *Espacio de trabajo*: Espacio designado a una o más personas para desarrollar una tarea.
- *Plano de trabajo*: Plano horizontal sobre el cual se calculará la iluminancia media. Usualmente para oficinas y similar se considera 0.85 metros.
- *Iluminación general*: Iluminación diseñada para iluminar todo con la misma iluminancia aproximadamente.
- *Iluminación localizada*: Iluminación diseñada para iluminar un interior y a la vez proveer de mayor iluminancia a una zona particular.

- *Iluminación local:* Iluminación diseñada para iluminar una tarea especial, adicional y controlada separadamente de la iluminación general.
- *Iluminación de acento:* Iluminación diseñada para iluminar localizadamente un objeto para así realzarlo más respecto a su entorno.
- *Iluminación perimetral:* Iluminación diseñada para iluminar las paredes o el techo en su área colindante con las paredes, con el fin de conseguir un efecto decorativo, o de iluminar objetos que se encuentren en dichas paredes.
- *Iluminación decorativa:* Iluminación diseñada para obtener un efecto ornamental por las propias luminarias, o ambiental, por el efecto de iluminación. No persigue obtener las condiciones luminotécnicas necesarias para el desarrollo de una tarea.

- *Factor de mantenimiento:* Cociente entre la iluminación provista por una instalación en un momento dado y cuando fue instalada.
- *Coefficiente de utilización:* Cociente entre el flujo luminoso que llega al plano de trabajo y el emitido por las luminarias.
- *Índice de Eficiencia Energética:* Cociente entre la potencia eléctrica total instalada y la superficie de la instalación referida a una iluminancia de 100 lux en servicio. Unidad: $W / m^2 - 100 \text{ Lux}$.





15 **Bibliografía y
webs de interés**





15. Bibliografía y webs de interés

Bibliografía

- IESNA. IES Lighting Handbook. 8th edition
- De la Cruz Castillo, Antonio. FUENTES DE LUZ. Paraninfo y ADAE. 1992
- Guía sobre la iluminación de interiores. ADAE.
- Good Lighting for Health Care Premises. Fördergemeinschaft Gutes Licht.
- Keitz. CALCULOS Y MEDIDAS EN LUMINOTECNIA. Paraninfo. 1974
- L.C Fernández y J. De Lanza. TÉCNICA E APLICACIONES DE LA ILUMINACIÓN. McGraw-Hill. 1992
- Cuadernos de Eficiencia Energética en Iluminación. IDAE-CEI. 1997.
- Publicaciones CIE.
- Applied Optics.
- Journal of the Illuminating Engineering of North America.

Webs de interés

Asociación de fabricantes de luminarias de España
<http://www.anfalum.com>

Portal de Iluminación español
<http://www.iluminacionprofesional.net>

Industria de la Construcción USA
<http://www.aecnet.com>

Servicio de información para el servicio de la Construcción en España
<http://www.builnet.es>

Recursos de Internet de CIBSE
<http://www.cibse.org/>

International Association of Lighting Designers
<http://www.aecnet.com.iald/iald.html>

International Commission on Illumination
<http://www.cie.co.at/cie/>

ISO On line
<http://www.iso.ch/>

International Electrotechnical Commission
<http://www.iec.ch/>

Energy Efficiency projects
<http://194.178.172.86/home.htm>

Lighting Links on the Web from Australia
<http://waapa.cowan.edu.au/lx/>

Illuminating Engineering Society Of North America
<http://www.iesna.org>

IDAE
<http://www.idae.es>

AENOR
<http://www.aenor.es>

Laboratorio de Metrología del CSIC
<http://www.metrologia.csic.es>

Agencia de Protección del Medio Ambiente de USA
<http://www.epa.gov>

The Internet source for Light Specifiers
<http://www.light-link.com>

VDE
<http://www.vde.de/vde/html/e/home>

IFEMA (institución Ferial de Madrid)
<http://www.ifema.es>